



SKRIPSI – ME-141501

**ANALISA AKURASI PENGUKURAN RESISTANSI,
KAPASITANSI SERTA IMPEDANSI DENGAN METODE
BRIDGE FEEDBACK TK2941A DI LABORATORIUM
LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN**

Arief Rahmanto
NRP 4214 106 003

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Adi Kurniawan, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME141501

***ANALYSIS MEASUREMENT ACCURACY OF RESISTENCE,
CAPACITANCE AND IMPEDANCE WITH METHOD
BRIDGE FEEDBACK TK2941A IN LABORATORY MARINE
ELECTRICAL AND AUTOMATION SYSTEM***

Arief Rahmanto
NRP. 4214 106 003

Supervisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Adi Kurniawan, ST., MT.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA AKURASI PENGUKURAN RESISTANSI, KAPASITANSI SERTA IMPEDANSI DENGAN METODE BRIDGE FEEDBACK TK2941A DI LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S – 1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARIEF RAHMANTO
NRP. 4214 106 003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
2. Adi Kurniawan, ST., MT.

()

()

SURABAYA
JANUARI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA AKURASI PENGUKURAN RESISTANSI, KAPASITANSI SERTA IMPEDANSI DENGAN METODE BRIDGE FEEDBACK TK2941A DI LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

TUGAS AKHIR

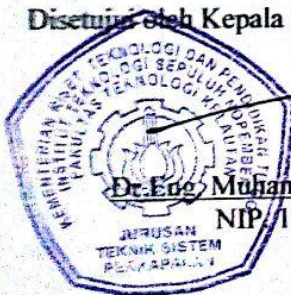
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S – 1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARIEF RAHMANTO
NRP. 4214 106 003

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 19770802 200801 1 007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA AKURASI PENGUKURAN RESISTANSI, KAPASITANSI SERTA IMPEDANSI DENGAN METODE BRIDGE FEEDBACK TK2941A DI LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

Nama Mahasiswa : Arief Rahmanto
NRP. : 4214 106 003
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Adi Kurniawan, ST., MT.

Abstrak

Rangkaian *wheatstone bridge*, *schering bridge* dan *wien bridge* merupakan rangkaian yang digunakan sebagai salah satu metode pengukuran suatu resistansi kapasitansi serta impedansi dari sebuah peralatan listrik. Pada rangkaian *wheatstone bridge* digunakan untuk mengukur resistansi suatu peralatan listrik, rangkaian *schering bridge* untuk mengukur nilai kapasitansi sebuah peralatan listrik sedangkan rangkaian *wien bridge* untuk mengukur besaran frekuensi. Cara pengujian dengan rangkaian ini dengan melakukan pengambilan data beberapa kali dengan pengambilan rata-rata hasil pengujian. Pada hasil pengujian didapatkan nilai resistansi dengan presentase ketidaksesuaian (error) mulai 0.50% - 1.71% untuk semua pengujian resistansi. Hasil perhitungan kapasitansi juga menunjukkan hasil yang bervariasi dengan nilai $0.097\mu\text{F}$ – $0.105\mu\text{F}$. Sedangkan nilai frekuensi yang didapatkan 50.45Hz – 64.67Hz.

Kata kunci: *bridge circuit, resistansi, kapasitansi, impedansi, frekuensi*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALYSIS MEASUREMENT ACCURACY OF
RESISTENCE, CAPACITANCE AND IMPEDANCE WITH
METHOD BRIDGE FEEDBACK TK2941A IN LABORATORY
MARINE ELECTRICAL AND AUTOMATION SYSTEM**

Name : Arief Rahmanto
NRP. : 4214 106 003
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Adi Kurniawan, ST., MT.

Abstract

Wheatstone bridge circuit, Schering bridge and wien bridge is a circuit used as one method of measurement of resistance capacitance and impedance of an electrical equipment. In the Wheatstone bridge circuit are used to measure the resistance of an electrical equipment, circuit untuk bridge Schering measure the value kapasitansi an electrical equipment while wien bridge circuit to measure the frequency of magnitude. How to test with this circuit to perform data retrieval several times by taking the average of test results. In the test results obtained by the resistance value percentage mismatch (error) from 0:50% - 1.71% for all resistance test. Capacitance calculation results also show varying results with grades 0.097 μ F - 0.105 μ F. While the value of the frequency obtained 50.45Hz - 64.67Hz.

Keywords: bridge circuit, resistance, kapasiansi, impedance, frequency

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT Yang Maha Mulia atas segala rahmat dan hidayah – Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Akurasi Pengukuran Resistansi, Kapasitansi Serta Impedansi dengan Metode *Bridge Feedback TK2941A* di Laboratorium Listrik dan Otomasi Sistem Perkapalan” dengan baik dalam rangka memenuhi syarat pada Mata Kuliah Skripsi (ME141501) Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.

Adapun selama proses penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Ibu, ayah, adik, beserta keluarga besar tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan materiel yang tiada hentinya.
2. Bapak Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Semin, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Dr. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc. selaku dosen wali yang terus memotivasi dan memberikan masukan kepada penulis selama melaksanakan studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. dan Bapak Adi Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan selama proses penyusunan skripsi.
5. Segenap civitas akademika yang telah menyampaikan ilmu dan berbagai pengalaman selama penulis melaksanakan studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
6. Rekan-rekan seperjuangan Lintas Jalur '14 periode genap yang telah mendampingi penulis selama melaksanakan studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.

7. Seluruh member dan grader Laboraturium *Marine Electrical and Automation System* (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis akan sangat menghargai kritik dan saran yang membangun demi penelitian terkait diwaktu mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangsih yang bermanfaat bagi semua pihak utamanya pembaca.

Surabaya, Januari 2017

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I 1

PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang 1

1.1.1. Motivasi..... 1

1.2. Perumusan Masalah..... 2

1.3. Tujuan Skripsi 2

1.4. Batasan Masalah..... 2

1.5. Manfaat..... 3

BAB II..... 5

TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1. Pengukuran dan Penginderaan Listrik Dasar 5

2.1.1. Bridge Circuit. 5

2.1.2 Wheatstone bridge..... 6

2.1.3 Schering Bridge..... 13

2.1.4. Wien Series Bridge 14

2.1.5 Wien Parallel Bridge. 15

2.2. Resistansi, Kapasitansi, Induktansi serta Impedansi. .. 16

2.2.1.	Resistansi	16
2.2.2.	Kapasitansi.	17
2.2.3.	Impedansi.	18
2.3.	Aplikasi Pengukuran Resistansi.	19
2.3.1.	Pengukuran Resistansi Pada Belitan Transformator.....	19
2.3.2.	Aplikasi Jembatan Wheatstone Pada Sensor.	21
BAB III.....		25
METODOLOGI		25
3.1.	Studi Literatur.....	25
3.2.	Pengumpulan Data.....	25
3.2.1.	Peralatan yang digunakan dalam pengujian.	25
3.2.2.	Tahapan pengujian.....	28
3.3.	Analisa Data dan Operasional Requirement.....	30
3.4.	Perhitungan Data Sistem dan Spesifikasi Bridge Feedback.....	31
3.5.	Pembuatan Tabel Serta Kurva Hasil Analisis.....	31
3.6.	Kesimpulan dan Saran.....	31
BAB IV.....		35
ANALISA DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Data Operasional Modul TK2941A.	35
4.1.1.	Data Operasional Resistor Dengan Rasio.....	44
4.1.2.	Analisa Hasil Pengujian.....	50
4.2.	Analisa Pengujian Resistansi.....	50

4.2.1.	Analisa Pengujian Resistansi Motor Induksi 1 phase menggunakan rangkaian wheatstone bridge.	50
4.2.2.	Analisa Pengujian Resistansi Transformator menggunakan rangkaian wheatstone bridge.	57
4.2.3.	Analisa Pengujian Resistansi Motor asinkron 3 phase menggunakan rangkaian wheatstone bridge.	63
4.2.4.	Analisa Pengujian Resistansi Generator 600 VA.	70
4.3.	Analisa Pengujian Kapasitansi.	80
4.3.1.	Pengujian kapasitansi motor induksi 1 phase dengan rangkaian shcering bridge.....	80
4.3.2.	Pengujian kapasitansi transformator dengan rangkaian shcering bridge.	89
4.3.3.	Pengujian kapasitansi motor asinkron dengan rangkaian shcering bridge.	97
4.3.4.	Pengujian kapasitansi generator 600VA dengan rangkaian shcering bridge.	107
4.4.	Analisa Pengujian Frekuensi.	119
4.4.1.	Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase menggunakan rangkaian wien bridge.....	119
4.4.2.	Pengujian frekuensi transformator menggunakan rangkaian wien bridge.	130
4.4.3.	Pengujian frekuensi motor asinkron phase menggunakan rangkaian wien bridge.....	138
4.4.4.	Pengujian frekuensi generator 600 VA menggunakan rangkaian wien bridge.....	149

4.5. Aplikasi penggunaan rangkaian bridge pada dunia perkapalan.....	162
BAB V	165
KESIMPULAN	165
5.1. Kesimpulan.....	165
5.2. Saran.....	165
DAFTAR PUSTAKA.....	167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1. Wheatstone bridge	7
Gambar 2 2. Schering bridge.....	13
Gambar 2 3. Wien series bridge	14
Gambar 2 4. Wien parallel bridge	15
Gambar 2 5. Koordinat Kartesius.....	19
Gambar 2 6. Metode Jembatan Kelvin dan Jembatan Wheatstone	20
Gambar 2 7. Jembatan Wheatstone untuk Strain Gauge	22
Gambar 2.8. Jembatan Wheatstone dengan Strain Gauge.....	23
Gambar 3 1. Instrumentation modul TK2941A.	26
Gambar 3 2. Power Amplifier TK2941B	26
Gambar 3 3. Power supply feedback 01-100.....	27
Gambar 3 4. Function generator FG601.....	27
Gambar 3 5. Multimeter/avometer	28
Gambar 3.6. Flow Chart Penyelesaian Tugas Akhir	33
Gambar 4. 1. Rangkaian dasar wheatstone bridge.	35
Gambar 4. 2. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=100$	39
Gambar 4. 3. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=1000$	39
Gambar 4. 4. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=10000$	40
Gambar 4. 5. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=100$	40

Gambar 4. 6. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=1000$	41
Gambar 4. 7. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=10000$	41
Gambar 4. 8. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=100$	42
Gambar 4. 9. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=1000$	42
Gambar 4. 10. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=10000$	43
Gambar 4. 11. Rangkaian variable rasio resistansi.	44
Gambar 4 12. Rangkaian pengujian resistansi motor induksi 1 phase.	51
Gambar 4. 13. Grafik Prosentasi Error pada Pengujian Resistansi metode bridge	56
Gambar 4. 14. Grafik Prosentase Error pada pengujian resistansi dengan ohm meter.	56
Gambar 4. 15. Rangkaian pengujian resistansi motor induksi 1 phase.	57
Gambar 4. 16. Grafik Prosentase Error pada pengujian resistansi dengan metode bridge.....	62
Gambar 4. 17. Grafik Prosentase Error pada pengujian resistansi dengan ohm meter.	62
Gambar 4. 18. Pengujian Resistansi pada motor asinkron 3 phase.	63
Gambar 4. 19. Grafik prosentase error dengan metode bridge....	69
Gambar 4. 20. Grafik prosentase error dengan ohm meter.....	70
Gambar 4. 21. Pengujian nilai resistansi pada generator 600VA	71
Gambar 4. 22. Prosentase nilai error resistansi generator 600VA dengan metode bridge.....	79

Gambar 4. 23. Prosentase nilai error resistansi generator 600VA dengan ohm meter.	79
Gambar 4. 24. Rangkaian shcering bridge.	80
Gambar 4. 25. Rangkaian pengujian schering bridge di laboratorium listrik kapal.	81
Gambar 4. 26. Grafik Nilai kapasitansi pada motor induksi 1 phase.....	88
Gambar 4. 27. Grafik Nilai Impedansi pada motor induksi 1 phase.....	88
Gambar 4. 28. Grafik Pengujian nilai kapasitansi transformator step-up	96
Gambar 4. 29. Grafik impedansi pada transformator	96
Gambar 4. 30. Grafik pengujian kapasitansi pada motor asinkron 3 phase.....	106
Gambar 4. 31. Grafik nilai impedansi pada motor asinkron 3 phase.....	106
Gambar 4. 32. Grafik nilai kapasitansi generator 600 VA	118
Gambar 4. 33. Grafik nilai impedansi pada generator 600 VA.	119
Gambar 4. 34. Rangkaian wien bridge.	120
Gambar 4. 35. Rangkaian pengujian wien bridge di laboratorium listrik kapal.	120
Gambar 4. 36. Grafik nilai frekuensi pada motor induksi 1 phase.	129
Gambar 4. 37. Grafik nilai impedansi lengan Z_s	129
Gambar 4. 38. Grafik impedansi lengan Z_x	130
Gambar 4. 39. Grafik nilai frekuensi tansformator	137
Gambar 4. 40. Grafik impedansi lengan Z_s pada transformator.	137
Gambar 4. 41. Grafik impedansi lengan Z_x pada trnasformator.	138

Gambar 4. 42. Grafik nilai frekuensi pada motor asinkron 3 phase148

Gambar 4. 43. Grafik nilai impedansi pada lengan Z_s 148

Gambar 4. 44. Grafik nilai impedansi pada lengan Z_x149

Gambar 4. 45. Grafik nilai frekuensi pada generator 600 VA...160

Gambar 4. 46. Grafik Nilai impedansi pada lengan Z_s 161

Gambar 4. 47. Grafik nilai impedansi pada lengan Z_x161

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Hasil pengamatan pada pengujian rangkaian wheatstone bridge sesuai dengan modul pengujian.....	36
Tabel 4. 2. Hasil pengamatan pengujian pada rangkaian wheatstone bridge dengan rasio variable resistor.	45
Tabel 4. 3. Hasil pengamatan pengujian pada rangkaian wheatstone bridge dengan rasio lebih kompleks.	46
Tabel 4. 4. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan utama dan bantu pada motor induksi 1 phase.....	51
Lanjutan Tabel 4.5. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan utama dan bantu pada motor induksi 1 phase.....	54
Tabel 4. 6. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan primer dan sekunder pada transformator.	58
Lanjutan Tabel 4. 7. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan primer dan sekunder pada transformator.	60
Tabel 4. 8. Hasil Pengujian Resistansi Motor Asinkron 3 phase	63
Lanjutan Tabel 4. 9. Hasil Pengujian Resistansi Motor Asinkron 3 phase.....	66
Tabel 4. 10. Hasil Pengujian Resistansi Generator 600VA.....	71
Lanjutan Tabel 4. 11. Hasil Pengujian Resistansi Generator 600VA	75
Tabel 4. 12. Hasil Pengujian nilai kapasitansi motor induksi 1 phase.....	81
Lanjutan Tabel 4. 13. Hasil Pengujian nilai kapasitansi motor induksi 1 phase.	83
Lanjutan Tabel 4. 14. Hasil Pengujian nilai kapasitansi motor induksi 1 phase.	86
Tabel 4. 15. Hasil Pengujian nilai kapasitansi pada transformator	89

Lanjutan. Tabel 4.16. Hasil Pengujian nilai kapasitansi pada transformator	91
Lanjutan Tabel 4.17. Hasil Pengujian nilai kapasitansi pada transformator	93
Tabel 4. 18. Hasil Pengujian kapasitansi motor asinkron 3 phase	97
Lanjutan Tabel 4. 19. Hasil Pengujian kapasitansi motor asinkron 3 phase	100
Lanjutan Tabel 4. 20. Hasil Pengujian kapasitansi motor asinkron 3 phase	103
Tabel 4. 21. Hasil Pengujian Kapasitansi Generator 600 VA. ..	107
Lanjutan Tabel 4. 22. Hasil Pengujian Kapasitansi Generator 600 VA.	111
Lanjutan Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Kapasitansi Generator 600 VA.	114
Tabel 4. 24. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.	121
Lanjutan Tabel 4. 25. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.	123
Lanjutan Tabel 4. 26. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.	125
Lanjutan Tabel 4. 27. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.	127
Tabel 4. 28. Hasil Pengujian Nilai Frekuensi pada transformator	131
Lanjutan Tabel 4. 29. Hasil Pengujian Nilai Frekuensi pada transformator	133
Lanjutan Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Nilai Frekuensi pada transformator	135
Tabel 4. 31. Hasil Pengujian Frekuensi pada motor asinkron 3 phase.	139

Lanjutan Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Frekuensi pada motor asinkron 3 phase.	142
Lanjutan Tabel 4. 33. Hasil Pengujian Frekuensi pada motor asinkron 3 phase.	145
Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Frekuensi pada Generator 600 VA	150
Lanjutan Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Frekuensi pada Generator 600 VA	153
Lanjutan Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Frekuensi pada Generator 600 VA	156

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

1.1.1. Motivasi

Penggunaan teknologi pengukuran resistansi, kapasitansi serta impedansi dalam dunia industri sekarang ini terus meningkat. Tidak hanya di ndustri saja, *marine*, *onshore* dan *offshore* juga menggunakan teknologi tersebut. Hal ini menjadikan penulis sebagai mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – FTK ITS tertarik untuk lebih mendalami teknologi tersebut. Dalam Tugas Akhir ini permasalahan yang akan dibahas adalah *Analisa Akurasi Pengukuran Resistansi, Kapasitansi serta Impedansi dengan Bridge Feedback TK2941A Pada Laboratorium Listrik dan Otomasi Sistem Perkapalan.* .

Sebuah rangkaian bridge adalah jenis sirkuit listrik di mana dua cabang sirkuit yang biasanya di rangkai secara paralel satu sama lain yang dijembatani oleh cabang ketiga dihubungkan antara dua cabang pertama di beberapa titik menengah sepanjang rangkaian. Jembatan itu awalnya dikembangkan untuk tujuan pengukuran laboratorium. Sirkuit jembatan sekarang telah banyak digunakan pada berbagai aplikasi baik linear dan non-linear, termasuk dalam instrumentasi, penyaringan dan konversi daya. Rangkaian bridge paling terkenal, bridge Wheatstone, diciptakan oleh Samuel Hunter Christie dan dipopulerkan oleh Charles Wheatstone, dan digunakan untuk mengukur resistansi. Hal ini dibangun dari empat resistor, dua dari nilai-nilai yang diketahui R_1 dan R_3 , salah satu yang tahan akan ditentukan R_x , dan satu yang variabel dan dikalibrasi R_2 . Dua simpul berlawanan terhubung ke sumber arus listrik, seperti baterai, dan galvanometer terhubung di dua simpul lainnya. Variabel resistor disesuaikan sampai galvanometer membaca nol. Hal ini kemudian diketahui bahwa rasio antara variabel resistor dan R_1 adalah sama dengan rasio antara resistor yang tidak diketahui dan R_3 , yang memungkinkan nilai resistor yang tidak diketahui untuk dihitung

Pada tugas akhir ini penulis akan melakukan Analisa Akurasi Pengukuran Resistansi, Kapasitansi, Induktansi serta Impedansi dengan Bridge Feedback sebagai aplikasi pengukuran nyata dalam dunia kerja *marine engineering*.

1.2. Perumusan Masalah

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana besaran nilai resistansi, kapasitansi, impedansi serta frekuensi pada hasil pengukuran berdasarkan masing-masing bridge yang digunakan ?
- b. Bagaimana nilai akurasi pada hasil pengukuran pada bridge yang digunakan ?

1.3. Tujuan Skripsi

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah :

- a. Mendapatkan besaran nilai resistansi, kapasitansi, impedansi serta frekuensi pada hasil pengukuran berdasarkan masing-masing bridge.
- b. Mendapatkan nilai akurasi pada setiap bridge yang digunakan pada proses pengukuran tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memperjelas proses pengerjaan dan mempermudah pemahaman dari masalah yang diungkapkan, maka berikut batasan masalah yang diperlukan :

- a. Bridge yang dilakukan pengujian hanya bridge yang ada di laboratorium listrik kapal sistem perkapalan.
- b. Panel bridge menggunakan instrumentation modul TK2941A
- c. Metode yang digunakan adalah wheatstone bridge, shcering bridge, wien bridge seri dan wien bridge parallel.
- d. Kalibarsi pada bridge dilakukan pada wheatstoen bridge dengan beberapa variasi rangkaian, sedangkan untuk multimeter digital menggunakan 2 jenis dengan cara kalibrasi

dengan menghubungkan antara kabel merah dengan hitam hingga menunjukkan angka nol pada pembacaan digital.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai aplikasi pengukuran peralatan listrik pada proses finishing pabrikan dalam dunia kerja. Serta dapat digunakan sebagai alat praktikum selanjutnya di lab listrik kapal (*marine electrical and automation system*).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengukuran dan Penginderaan Listrik Dasar

2.1.1. Bridge Circuit.

Banyak piranti atau alat (*divice*) yang operasinya sedikit banyak bergantung pada prinsip listrik dasar, dan hamper semua sistem pengumpulan, ransmisi dan analisa data bergantung pada piranti elektronik. Contohnya, pengukuran suhu jarak jauh dan perekaman dan biasanya dilaksanakan sebagai berikut. Pada lokasi yang menjadi perhatian dipasang sebuah transduser, dan piranti ini mengubah suhu pada setiap waktu menjadi tegangan listrik (voltase) yang setara. Tegangan ini lalu ditransmisikan ke stasiun penerima, di mana kemudian dipanjangkan dengan suatu cara yang tepat. Setiap tahap proses ini menggunakan peralatan listrik. (Holman, JP, 1984)

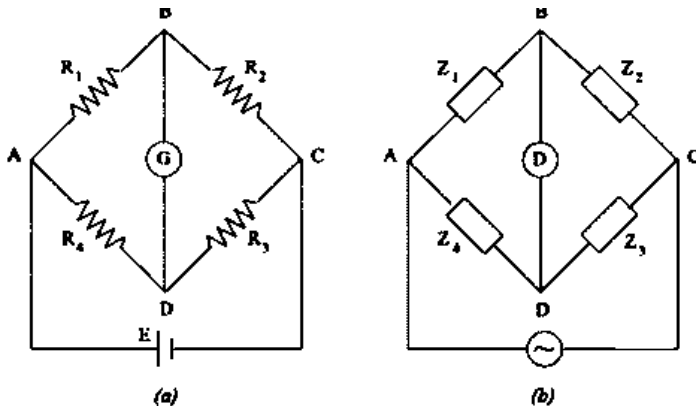
Dalam perkembangannya pemeriksaan peralatan listrik terus mengalami kemajuan, termasuk pengukuran resistansi atau hambatan pada suatu rangkaian peralatan listrik. Rangkaian bridge adalah jenis sirkuit listrik di mana dua cabang sirkuit yang biasanya di rangkai secara paralel satu sama lain yang di jembatani oleh cabang ketiga dihubungkan antara dua cabang pertama di beberapa titik menengah sepanjang rangkaian. Jembatan itu awalnya dikembangkan untuk tujuan pengukuran laboratorium dan salah satu poin bridging menengah sering disesuaikan ketika begitu digunakan. Sirkuit jembatan sekarang telah banyak digunakan pada berbagai aplikasi baik linear dan non-linear, termasuk dalam instrumentasi, penyaringan dan konversi daya. Rangkaian bridge paling terkenal, bridge Wheatstone, diciptakan oleh Samuel Hunter Christie dan dipopulerkan oleh Charles Wheatstone, dan digunakan untuk mengukur resistensi. Hal ini dibangun dari empat resistor, dua dari nilai-nilai yang dikenal R_1 dan R_3 , salah satu yang tahan akan ditentukan R_x , dan satu yang variabel dan dikalibrasi R_2 . Dua simpul berlawanan terhubung ke sumber arus listrik, seperti baterai, dan galvanometer terhubung di dua simpul

lainnya. Variabel resistor disesuaikan sampai galvanometer membaca nol. Hal ini kemudian diketahui bahwa rasio antara variabel resistor dan R_1 adalah sama dengan rasio antara resistor yang tidak diketahui dan R_3 , yang memungkinkan nilai resistor yang tidak diketahui untuk dihitung. (Holman, JP, 1984)

2.1.2 Wheatstone bridge

Jembatan Wheatstone merupakan rangkaian yang terdiri dari resistor dan catu daya (power supply). Jembatan wheatstone sendiri adalah rangkaian jembatan yang pada umumnya digunakan untuk mengukur presisi tahanan dengan nilai 1 ohm sampai dengan mega ohm. Pada umumnya rangkaian jembatan wheatstone banyak digunakan untuk menghitung resistansi yang tidak diketahui dengan bantuan dari rangkaian jembatan. Dua kaki yang terdapat pada rangkaian wheatstone harus disimpan seimbang dan satu kaki yang lainnya termasuk resistansi yang tidak di ketahui. Alat ukur yang ditemukan oleh Samuel Hunter Christie pada 1833 dan meningkat kemudian dipopulerkan oleh Sir Charles Wheatstone pada tahun 1843. Ini digunakan untuk mengukur suatu yang tidak diketahui hambatan listrik dengan menyeimbangkan dua kali dari rangkaian jembatan, satu kaki yang mencakup komponen diketahui kerjanya mirip dengan aslinya potensiometer. Jembatan Wheatstone adalah suatu alat pengukur, alat ini dipergunakan untuk memperoleh ketelitian dalam melaksanakan pengukuran terhadap suatu tahanan yang nilainya relatif kecil sekali umpamanya saja suatu kebocoran dari kabel tanah/ kartsluiting dan sebagainya. Jembatan Wheatstone adalah alat yang paling umum digunakan untuk pengukuran tahanan yang teliti dalam daerah 1 sampai 100.000 Ω . Jembatan Wheatstone terdiri dari tahanan R_1 , R_2 , R_3 , dimana tahanan tersebut merupakan tahanan yang diketahui nilainya dengan teliti dan dapat diatur. (Bueche, Fredick J. dan Eugene Hecht. 2006)

Metode Jembatan Wheatstone adalah susunan komponen-komponen elektronika yang berupa resistor dan catu daya seperti tampak pada gambar 2.1.



Gambar 2 1. Wheatstone bridge
(Electrical Technology by Theraja, 1994).

Kondisi keseimbangan adalah sama seperti sebelumnya, tetapi resistansi dan impedansi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Z_1/Z_2 = Z_4/Z_3 \text{ atau } Z_x = R_x + \frac{1}{2\pi f Cx} \quad \dots\dots(1)$$

Tapi ada satu perbedaan penting yaitu tidak hanya harus ada keseimbangan untuk besaran dari impedansi tetapi juga keseimbangan fase.

Oleh karena itu, kita melihat bahwa, pada kenyataannya, ada dua kondisi keseimbangan yang harus dipenuhi secara bersamaan dalam a.c. empat lengan jembatan. (Theraja BL., 1978)

Resistensi arus searah dapat diukur dengan wheatstone bridge , ditunjukkan pada Gambar.1 (a) untuk yang kondisi keseimbangan sebagai berikut :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \text{ atau } R_1 R_3 = R_2 R_4 \quad \dots\dots(2)$$

Kapasitansi juga dapat diukur dengan bridge empat lengan yang sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 2.1 (b); tidak hanya menggunakan sumber arus searah, arus bolak-balik juga dapat digunakan dan galvanometer digantikan oleh galvanometer getaran (untuk frekuensi komersial atau melalui telepon detektor jika frekuensi yang lebih tinggi (500-2000 Hz)).

Hasil kali antara hambatan hambatan berhadapan yang satu akan sama dengan hasil kali hambatan hambatan berhadapan lainnya jika beda potensial antara c dan d bernilai nol. Persamaan $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$ dapat diturunkan dengan menerapkan Hukum Kirchoff dalam rangkaian tersebut. Hambatan listrik suatu penghantar merupakan karakteristik dari suatu bahan penghantar tersebut yang mana adalah kemampuan dari penghantar itu untuk mengalirkan arus listrik, yang secara matematis dapat dituliskan:

$$R = \rho \cdot (L/A) \quad \dots\dots(3)$$

Dimana:

R : Hambatan listrik suatu penghantar (Ω)

ρ : Resistivitas atau hambatan jenis ($\Omega \cdot m$)

L : Panjang penghantar (m)

A : Luas penghantar (m^2)

Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan “Jika suatu arus listrik melalui suatu penghantar, maka kekuatan arus tersebut adalah sebanding-lurus

dengan tegangan listrik yang terdapat diantara kedua ujung penghantar tadi”.

Hukum ini dicetuskan oleh Georg Simon Ohm, seorang fisikawan dari Jerman pada tahun 1825 dan dipublikasikan pada sebuah paper yang berjudul *The Galvanic Circuit Investigated Mathematically* pada tahun 1827.

Hukum Ohm :

“Tegangan dinyatakan dengan nilai volt, disimbolkan E dan V . Arus dinyatakan dengan Ampere, disimbolkan I Hambatan dinyatakan dengan Ohm, disimbolkan R ”

Jika luas penampang A yang diperhatikan cukup kecil dan tegak lurus kearah J (misalnya panjang konduktor besar sekali dibanding dengan luas penampangnya), maka J dapat dianggap sama pada seluruh bagian penampang hingga $I = J \cdot A$ maka untuk beda potensial berlaku $\Delta V = \int E \cdot dl$ dan juga integrasi diambil sepanjang suatu garis gaya $\Delta V = \int E \cdot dl$

Terlihat bahwa faktor yang berupa integrasi hanya tergantung dari konduktornya dan merupakan sifat khusus konduktornya dan biasa disebut sebagai tahanan (R) atau resistansinya. Dapat dituliskan $V = I \cdot R$.

Rumus Hukum Ohm

Secara matematis, hukum Ohm ini dituliskan

$$V = I \cdot R \quad \text{atau} \quad I = V / R \quad \dots\dots(4)$$

Dimana:

I = arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar (Ampere)

V = tegangan listrik yang terdapat pada kedua penghantar (Volt)

R = hambatan listrik yang terdapat pada suatu penghantar (Ohm)

Hukum Kirchoff I

Dipertengahan abad 19, Gustav Robert Kirchoff (1824-1887) menemukan cara untuk menentukan arus listrik pada rangkaian bercabang yang kemudian dikenal dengan hukum Kirchoff. Hukum Kirchoff berbunyi “Jumlah kuat arus yang masuk dalam titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan.” (Bueche, Fredick J. dan Eugene Hecht. 2006)

Jumlah I masuk = I keluar

Hukum Kirchoff II

Hukum Kirchoff II berbunyi, “Dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar GGL (\mathcal{E}) dan jumlah penurunan potensial sama dengan nol.”

Maksud dari jumlah penurunan potensial sama dengan nol adalah tidak adanya energi listrik yang hilang dalam rangkaian tersebut atau dalam arti semua energi bisa digunakan atau diserap.

Jika konduktor pengalir arus ditempatkan dalam medan magnet dihasilkan gaya pada konduktor yang cenderung menggerakkan konduktor itu dalam arah tegak lurus medan. Prinsip ini digunakan dalam instrument pendeteksi arus. Instrument pendeteksi arus yang peka disebut galvanometer. (Lister, 1993).

Galvanometer merupakan instrument sangat peka dan dapat mengukur arus yang sangat lemah. Galvanometer terdiri atas sebuah komponen kecil berlilitan banyak yang ditempatkan dalam sebuah medan magnet begitu rupa sehingga garis-garis medan akan menimbulkan kopel pada kumparan apabila melalui kumparan ini ada arus. (Flink, 1985)

Di dalam teori pengukuran listrik yang dimaksudkan dengan pengukuran Galvano yaitu suatu instrument yang dipergunakan untuk memperlihatkan arus yang lemah. Untuk menyatakan

dengan jelas kadang-kadang dipisahkan juga untuk instrument-instrumen yang peka (sensitif), yang banyak dipakai di laboratorium dan terutama sistem jembatan yang banyak kita jumpai. (Suryatmo, 1974).

2.1.2.1. Aplikasi Wheatstone Bridge.

Salah satunya adalah dalam percobaan mengukur regangan pada benda uji berupa beton atau baja. Dalam percobaan kita gunakan strain gauge, yaitu semacam pita yang terdiri dari rangkaian listrik untuk mengukur dilatasi benda uji berdasarkan perubahan hambatan penghantar di dalam strain gauge. Strain gauge ini direkatkan kuat pada benda uji sehingga deformasi pada benda uji akan sama dengan deformasi pada strain gauge. Seperti kita ketahui, jika suatu material ditarik atau ditekan, maka terjadi perubahan dimensi dari material tersebut sesuai dengan sifat-sifat elastisitas benda. Perubahan dimensi pada penghantar akan menyebabkan perubahan hambatan listrik, ingat persamaan $R = \rho \cdot L/A$. Perubahan hambatan ini sedemikian kecilnya, sehingga untuk mendapatkan hasil eksaknya harus dimasukkan kedalam rangkaian jembatan Wheatstone. Rangkaian listrik beserta jembatan Wheatstonenya sudah ada di dalam strain gauge.

2.1.2.2 Kelebihan Wheatstone Bridge

Dapat mengukur perubahan hambatan yang sangat kecil pada penghantar. Contoh aplikasi : strain gauge, yang digunakan untuk mengukur regangan material (baja atau beton) didasarkan pada perubahan kecil penghantar yang berdeformasi akibat gaya eksperimen. Perubahan kecil dimensi penampang dihitung dari perubahan hambatan pada rangkaian jembatan wheatstone yang dihubungkan sensor ke alat pencatat data logger untuk setiap transducer.

2.1.2.2 Hal yang Diperhatikan Pada Wheatstone Bridge

Jembatan Wheatstone dipakai secara luas pada pengukuran presisi tahanan dari sekitar 1Ω sampai rangkuman mega ohm rendah. Sumber kesalahan utama terletak pada

kesalahan batas dari ketiga tahanan yang diketahui. Kesalahan-kesalahan lain bisa mencakup:

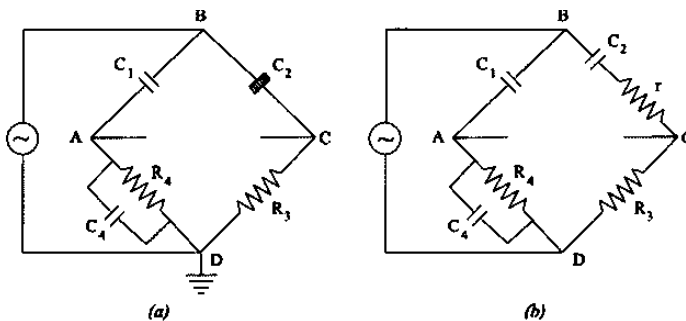
- 1) Sensitivitas detektor nol yang tidak cukup
- 2) Perubahan tahanan lengan-lengan jembatan karena efek pemanasan arus melalui tahanan-tahanan tersebut. Efek pemanasan (I^2R) dari arus-arus lengan jembatan dapat mengubah tahanan yang diukur. Kenaikan temperatur bukan hanya mempengaruhi tahanan selama pengukuran yang sebenarnya, tetapi arus yang berlebihan dapat mengakibatkan perubahan yang permanen bagi nilai tahanan. Hal ini tidak boleh terjadi, karena pengukuran-pengukuran selanjutnya akan menjadi salah karena itu disipasi daya dalam lengan-lengan jembatan harus dihitung sebelumnya sehingga arus dapat dibatasi pada nilai yang aman.
- 3) GGL termal dalam rangkaian jembatan atau rangkaian galvanometer dapat juga mengakibatkan masalah sewaktu mengukur tahanan-tahanan rendah. Untuk mencegah ggl termal, kadang-kadang galvanometer yang lebih sensitif dilengkapi dengan sistem kumparan tembaga dari sistem suspensi tembaga yakni untuk mencegah pemilikan logam-logam yang tidak sama yang saling kontak satu sama lain dan untuk mencegah terjadinya ggl termal.
- 4) Kesalahan-kesalahan karena tahanan kawat sambung dan kontak-kontak luar memegang peranan dalam pengukuran nilai-nilai tahanan yang sangat rendah.

Untuk menentukan apakah galvanometer mempunyai sensitivitas yang diperlukan untuk mendeteksi kondisi setimbang atau tidak, arus galvanometer perlu ditentukan. Galvanometer-galvanometer yang berbeda bukan hanya memerlukan arus satu per satuan defleksi yang berbeda (sensivitas arus), tetapi juga dapat mempunyai tahanan dalam yang berbeda. Adalah tidak mungkin mengatakan tanpa menghitung sebelumnya, galvanometer mana yang akan membuat rangkaian jembatan lebih sensitif terhadap

suatu kondisi tidak setimbang. Sensitivitas ini dapat ditentukan dengan memecahkan “persoalan” rangkaian jembatan pada ketidaksetimbangan yang kecil. Pendekatan ini didekati dengan mengubah jembatan Wheatstone menjadi rangkaian Thevenin.

2.1.3 Schering Bridge.

Ini adalah salah satu metode yang sangat penting dan berguna untuk mengukur kapasitansi dan dielektrik hilangnya sebuah kapasitor. Bahkan, itu adalah alat untuk membandingkan kapasitor C_2 tidak sempurna dalam hal relevan disebabkan suatu bebas standar kapasitor C_1 . Kapasitor tidak sempurna diwakili oleh setara loss bebas kapasitor C_2 di seri dengan r resistensi seperti pada gambar 2.2. (Theraja BL., 1978)



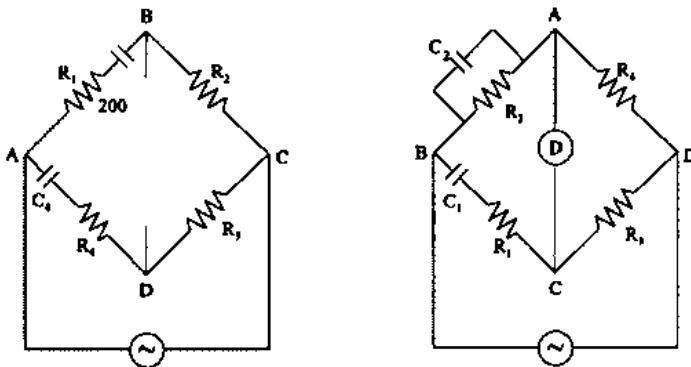
Gambar 2 2. Schering bridge
(Electrical Technology by Theraja, 1994).

Untuk aplikasi tegangan tinggi, tegangan diterapkan di persimpangan yang ditunjukkan pada gambar. Persimpangan antara lengan 3 dan 4 adalah dibumikan. Sejak impedansi kapasitor pada frekuensi yang lebih rendah jauh lebih tinggi dari resistensi, sebagian besar tegangan akan muncul di kapasitor. Grounding dari persimpangan memberi keselamatan kepada operator membentuk bahaya tegangan tinggi sementara membuat balancing penyesuaian. Memisahkan nyata dan imaginaries, dimana $C_2 = C_1$

(R_4 / R_3) dan $r = R_3$. (C_4 / C_1) . Kualitas kapasitor biasanya dinyatakan dalam sudut fase cacat atau dielectric sudut rugi yang didefinisikan sebagai sudut dimana saat berangkat dari quadrature yang tepat dari tegangan yang diberikan yaitu komplemen dari sudut fase. Jika δ adalah sudut fase yang sebenarnya dan θ sudut cacat, maka $90^\circ - \theta$. Untuk nilai-nilai kecil θ , $\tan \theta = \sin \theta = \cos \delta$ (kurang-lebih). $\tan \theta$ biasanya disebut disipasi faktor dari rangkaian R-C. Untuk faktor daya yang rendah, oleh karena itu, disipasi Faktor kira-kira sama dengan faktor daya. (Bueche, Fredrick J. dan Eugene Hecht. 2006)

2.1.4. Wien Series Bridge

Ini adalah jembatan rasio sederhana dan digunakan untuk pengukuran audio frekuensi kapasitor atas berbagai. Rangkaian jembatan ditunjukkan pada gambar 2.3. (Bueche, Fredrick J. dan Eugene Hecht. 2006)



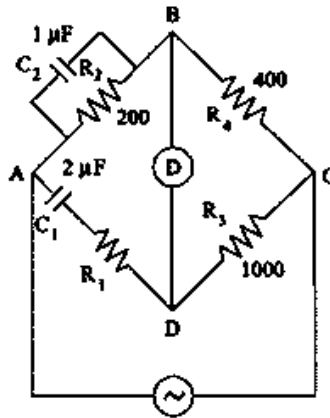
Gambar 2.3. Wien series bridge
(Electrical Technology by Theraja, 1994).

Pada kondisi seimbang akan didapatkan pada jalur biasa, maka untuk diseimbangkan:

$$R_1 = R_2.R_4/R_3 \text{ dan } C_1 = C_4 (R_3/R_2) \quad \dots\dots(5)$$

2.1.5 Wien Parallel Bridge.

Ini juga merupakan jembatan rasio yang digunakan terutama sebagai jaringan umpan balik dalam audio berbagai-macam frekuensi R-C osilator. Ini dapat digunakan untuk mengukur audio frekuensi meskipun tidak begitu akurat.



Gambar 2 4. Wien parallel bridge
(Electrical Technology by Theraja,1994).

$$f = \frac{1}{2\pi R_3 C_3} \quad \dots\dots(6)$$

Rangkaian jembatan ditunjukkan pada Gambar. 4. Dalam teori sederhana jembatan ini, kapasitor C1 dan C2 diasumsikan rugi-bebas dan resistensi R1 dan R2 adalah resistor yang terpisah. Hubungan biasa untuk keseimbangan yang diberikan. (Theraja BL., 1978)

2.2. Resistansi, Kapasitansi, Induktansi serta Impedansi.

2.2.1. Resistansi.

Resistansi atau Hambatan listrik adalah perbandingan antara tegangan listrik dari suatu komponen elektronik (misalnya resistor) dengan arus listrik yang melewatinya. Hambatan listrik yang mempunyai satuan Ohm dapat dirumuskan sebagai berikut: (*Reza Zekavat SA., 2013*)

$$R = V/I \quad \text{.....(7)}$$

atau

$$R = \delta V/I \quad \text{.....(8)}$$

Ohm (lambang: Ω) adalah satuan SI dari impedansi listrik, atau dalam kasus arus searah, hambatan listrik. Nama satuan ini berasal dari ilmuwan Georg Ohm.

Resistor merupakan komponen elektronik yang memiliki dua pin dan didesain untuk mengatur tegangan listrik dan arus listrik, dengan resistansi tertentu (tahanan) dapat memproduksi tegangan listrik di antara kedua pin, nilai tegangan terhadap resistansi berbanding lurus dengan arus yang mengalir.

Resistor digunakan sebagai bagian dari rangkaian elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam komponen dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti nikel-kromium).

Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Karakteristik lain termasuk koefisien suhu, derau listrik (*noise*), dan induktansi.

Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki bergantung pada desain sirkuit, kebutuhan daya resistor harus

cukup dan disesuaikan dengan kebutuhan arus rangkaian agar tidak terbakar.

2.2.2. Kapasitansi.

Kapasitansi atau kapasitans adalah ukuran jumlah muatan listrik yang disimpan (atau dipisahkan) untuk sebuah potensial listrik yang telah ditentukan. Bentuk paling umum dari piranti penyimpanan muatan adalah sebuah kapasitor dua lempeng/pelat/keping. Jika muatan di lempeng/pelat/keping adalah $+Q$ dan $-Q$, dan V adalah tegangan listrik antar lempeng/pelat/keping, maka rumus kapasitans adalah:

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{.....(9)}$$

- C adalah kapasitansi yang diukur dalam Farad
- Q adalah muatan yang diukur dalam coulomb
- V adalah voltase yang diukur dalam volt.

$$C_x = \frac{R_1 C_s}{R_2(1 + w^2 C_s^2 R_s^2)} \quad \text{.....(10)}$$

Unit SI dari kapasitansi adalah farad; 1 farad = 1 coulomb per volt.

Kapasitansi mayoritas kondensator atau kapasitor yang digunakan dalam rangkaian elektronik adalah sejumlah tingkat besaran yang lebih kecil daripada farad. Beberapa sub satuannya kapasitansi yang paling umum digunakan saat ini adalah milifarad (mF), mikrofara (μF), nanofara (nF), dan pikofara (pF).

Kapasitansi bisa dikalkulasi dengan mengetahui geometri konduktor dan sifat dielektriknya penyekat di antara konduktor. Sebagai contoh, besar kapasitansi dari sebuah kapasitor “pelat-sejajar” yang tersusun dari dua lempeng sejajarnya seluas A yang dipisahkan oleh jarak d adalah sebagai berikut:

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \text{.....(11)}$$

Dimana :

C adalah kapasitansi dalam farad, F

A adalah luas setiap lempeng, diukur dalam meter persegi

ϵ_r adalah konstanta dielektrik (yang juga disebut permitivitas listrik relatif) dari bahan di antara lempeng, (vakum =1)

ϵ_0 adalah permitivitas vakum atau konstanta listrik di mana $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F/m

d adalah jarak antar lempeng, diukur dalam meter.

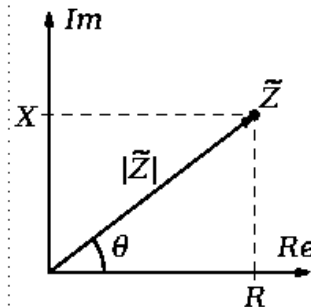
(Reza Zekavat SA., 2013)

2.2.3. Impedansi.

Impedansi listrik, atau lebih sering disebut impedansi, menjelaskan ukuran penolakan terhadap arus bolak-balik sinusoid. Impedansi listrik memperluas konsep resistansi listrik ke sirkuit AC, menjelaskan tidak hanya amplitudo relatif dari tegangan dan arus, tetapi juga fase relatif. Impedansi adalah kuantitas kompleks yang dinotasikan dengan Z dan istilah *impedansi kompleks* mungkin dapat dipertukarkan. Bentuk kutub secara praktis menunjukkan baik karakteristik magnitudo dan fase.

$$Z = Ze^{j\theta} \quad \dots(12)$$

di mana magnitudo Z menunjukkan perbandingan amplitudo perbedaan tegangan terhadap amplitudo arus, θ memberikan perbedaan fase antara tegangan dan arus, sedangkan j adalah bilangan imajiner. (Reza Zekavat SA., 2013)



Gambar 2 5. Koordinat Kartesius
(*Electrical Engineering Concepts and Application*).

Dalam koordinat Kartesius :

$$Z = R + jX \quad \dots(13)$$

dimana bagian nyata dari impedansi adalah resistansi R dan bagian imajiner adalah reaktansi X . Secara dimensi, impedansi sama dengan resistansi; dan satuan SI adalah ohm. Istilah *impedansi* digunakan pertama kali oleh Oliver Heaviside pada Juli 1886 Arthur Kennelly adalah yang pertama kali menunjukkan impedansi dengan bilangan kompleks pada 1893. Kebalikan dari impedansi adalah admitansi.

2.3. Aplikasi Pengukuran Resistansi.

2.3.1. Pengukuran Resistansi Pada Belitan Transformator.

Pengukuran dilakukan untuk memeriksa kondisi belitan transformator dan koneksi terminal dan juga baik untuk digunakan sebagai referensi untuk pengukuran dimasa yang akan datang serta bisa digunakan sebagai untuk menghitung nilai beban kerugian pada referensi (misalnya 75°C) suhu. Mengukur berliku resistensi dilakukan dengan menggunakan arus DC dan sangat tergantung pada suhu. Untuk koreksi pada pengukuran temperatur dihitung sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$R_2 = R_1 x (235 + t_2) / (235 + t_1) \quad \dots \text{untuk tembaga} \dots \quad (14)$$

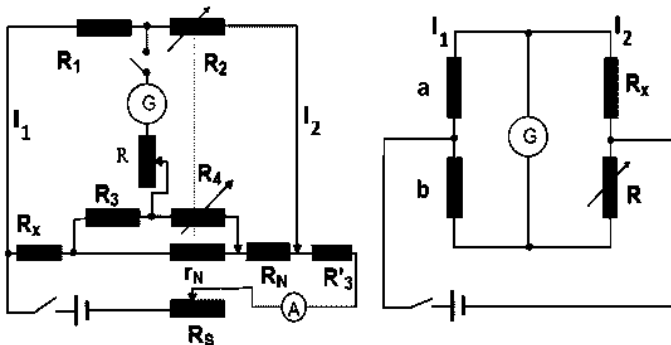
$$R_2 = R_1 x (225 + t_2) / (225 + t_1) \quad \dots \text{untuk aluminium} \dots \quad (15)$$

Keterangan :

R_2 = tahanan belitan pada temperatur t_2

R_1 = tahanan belitan pada temperatur t_1

Pada metode bridge, dasar pengujiannya adalah dengan membandingkan hasil pengukuran arus yang melewati sebuah nilai tahanan yang belum diketahui (tahanan yang akan diukur, dalam hal ini tahanan belitan transformator) dengan hasil pengukuran. Prinsip pengukurannya adalah apabila arus yang melewati sisi kiri (I_1) dan sisi kanan (I_2) seimbang , maka jarum galvanometer (G) yang terletak ditengah-tengah rangkaian jembatan akan berada pada posisi 0. Seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2 6. Metode Jembatan Kelvin dan Jembatan Wheatstone
(<http://direktorilistrik.blogspot.co.id/2013/08/pengukuran-resistansi-tahanan-belitan.html>).

Umumnya, Jembatan Kelvin digunakan untuk mengukur nilai resistor yang kecil (kurang dari 1 ohm) sedangkan untuk resistor dengan nilai yang lebih tinggi diukur dengan jembatan Wheatstone. Nilai tahanan yang terukur dengan menggunakan Jembatan Kelvin adalah :

$$R_x = R_n \cdot R_1 / R_2 \quad \dots(16)$$

$$\text{dimana } R_1 = R_3 \text{ dan } R_2 = R_4 \quad \dots(17)$$

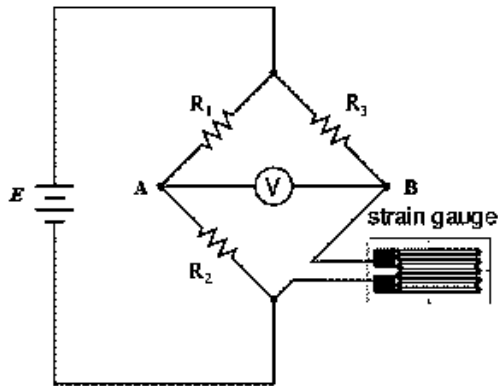
Nilai tahanan yang terukur dengan jembatan wheatstone adalah :

$$R_x = R \cdot a/b \quad \dots(18)$$

(*Watson GO.*, 1990)

2.3.2. Aplikasi Jembatan Wheatstone Pada Sensor.

Jembatan Wheatstone yang diaplikasikan pada sensor bekerja dengan prinsip yang berkebalikan dengan jembatan Wheatstone yang diaplikasikan untuk mengetahui besarnya hambatan suatu resistor. Maksudnya, jembatan Wheatstone yang diaplikasikan untuk mengetahui besarnya R_x , pada mulanya Galvanometer belum seimbang, tidak menunjukkan skala nol; dan kita mengubah-ubah besarnya hambatan resistor yang dipakai (pada artikel jembatan Wheatstone, dengan menggeser-geser kabel penghubung) sampai Galvanometer menunjukkan skala nol atau imbang. Berkebalikan dengan hal tersebut, jembatan Wheatstone yang diaplikasikan pada sensor *strain gauge* pada mulanya sudah dibuat seimbang, jika ada gaya yang mengenainya maka bentuk *strain gauge* ini akan berubah dan menyebabkan resistansinya berubah pula, karena jembatan Wheatstone yang diaplikasikan pada sensor tersebut pada mulanya seimbang, maka karena perubahan resistansi sensor *strain gauge*, akhirnya jembatan Wheatstone sudah tidak dalam keadaan seimbang lagi, ada tegangan yang muncul pada kabel *AB* (atau Galvanometer). Nah besarnya tegangan pada kabel *AB* ini sebanding dengan besarnya gaya yang diterima oleh sensor *strain gauge*; dengan faktor konversi tertentu, kita bisa mengetahui besarnya gaya yang bekerja pada sensor tersebut. (*Watson GO.*, 1990)



Gambar 2 7. Jembatan Wheatstone untuk Strain Gauge
(<http://fisikaveritas.blogspot.co.id/2014/01/aplikasi-jembatan-wheatstone-pada.html>)

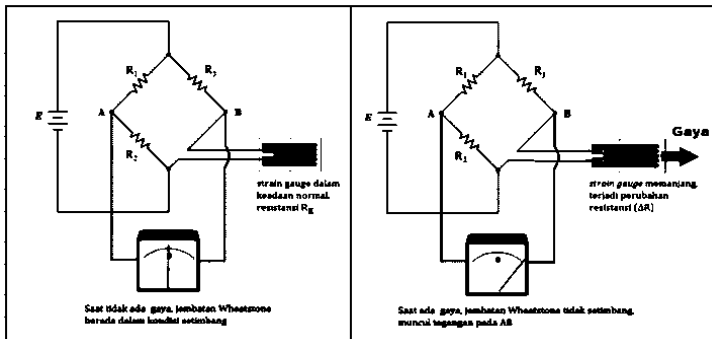
Tegangan yang muncul dari ketidakseimbangan jembatan Wheatstone oleh karena perubahan resistansi sensor *strain gauge* sangatlah kecil karena perubahan resistansinya juga kecil; hanya dalam orde milivolt dengan tegangan input $E = 12$ Volt. Pada rangkaian listrik sensor, selain menggunakan jembatan Wheatstone pastilah menggunakan penguat tegangan agar tegangan yang kecil ini diperbesar beberapa ratus kali dan kemudian dapat lebih mudah dibaca oleh alat ukur.

Adapun persamaan sederhana tegangan pada kabel AB jika jembatan Wheatstone tidak seimbang adalah sebagai berikut:

$$V_{AB} = \left(\frac{R_x}{R_3 + R_x} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) E \quad \dots(19)$$

Untuk aplikasinya pada sensor tentu saja tidak sesederhana seperti persamaan di atas, namun persamaan di atas secara sederhana menunjukkan jika resistansi sensor (R_x) berubah maka tegangan pada kabel AB juga berubah.

Berikut gambar yang dapat membantu memahami prinsip jembatan Wheatstone pada sensor resistif secara lebih gamblang.



Gambar 2.8. Jembatan Wheatstone dengan Strain Gauge
(<http://fisikaveritas.blogspot.co.id/2014/01/aplikasi-jembatan-wheatstone-pada.html>.)

Secara teori, kita bisa saja tidak menggunakan jembatan Wheatstone untuk salah satu pengondisi sensor *strain gauge* layaknya gambar di atas; maksudnya, kita bisa saja membuat rangkaian sederhana dengan sebuah baterai dan sebuah *strain gauge*; namun rangkaian sederhana seperti itu tidak dapat merespon perubahan resistansi yang sangat kecil seperti jembatan Wheatstone. Dengan jembatan Wheatstone, perubahan kecil resistansi *strain gauge* dapat terdeteksi.

(Van der wol, G. 1985)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi merupakan penentuan tujuan dan langkah pengerjaan tugas akhir. Metodeologi berfungsi sebagai kerangka utama untuk menjadi langkah penentuan dan pembahasan. Metode yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah Perencanaan / Desain berbasis evaluasi system. Adapun langkah – langkah dalam metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain :

3.1. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan langkah awal dalam pengerjaan tugas akhir untuk mencari referensi dan bahan untuk dijadikan bahan analisa sesuai dengan referensi yang terpercaya sehingga mampu membantu pengerjaan tugas akhir. Studi literatur bisa diambil dari sumber referensi Dokumen atau Data Operasional, Buku Teknik, Catalog dan Jurnal terkait.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah berikutnya sebagai bahan mentah dari data yang dibutuhkan untuk pengerjaan tugas akhir. Pengumpulan data sangat penting agar pengerjaan tugas akhir merujuk dari data yang kita peroleh. Pengumpulan data harus dari sumber konkret. Pengumpulan data tersebut meliputi : Data utama wheatstone bridge yang ada di lab listrik kapal, data variasi bridge yang dibutuhkan serta data variable yang dibutuhkan.

Langkah dalam pelaksanaan pengumpulan data merupakan suatu pengujian dari rangkaian *wheatstone bridge*, *schering bridge* dan *wien bridge*. Dari pengujian digunakan peralatan sebagai berikut :

3.2.1. Peralatan yang digunakan dalam pengujian.

- a. Instrumentation Modul TK2941 A.

Merupakan panel rangkaian resistor sebagai alat yang digunakan sebagai tempat dilakukan pengujian pengukuran

resistansi dan kapasitansi pada peralatan listrik di laboratorium listrik perkapalan FTK-ITS.



Gambar 3 1. Instrumentation modul TK2941A.

b. Power Amplifier

Peralatan tersebut berfungsi sebagai pengubah signal input dengan amplitudo rendah menjadi output dengan amplitudo rendah menjadi output dengan amplitudo yang lebih tinggi dengan frekuensi yang tetap.



Gambar 3 2. Power Amplifier TK2941B

c. Power Supply

Pada proses pengujian ini power supply berfungsi sebagai supply arus dc yang dibutuhkan dalam proses pengujian rangkaian.



Gambar 3 3. Power supply feedback 01-100.

d. Function Generator.

Pada pengujian rangkaian ini mendapatkan supply arus ac dari sebuah function generator feedback FG601.



Gambar 3 4. Function generator FG601.

e. Multimeter/Avometer

Proses pengujian pada rangkaian ini membutuhkan multimeter sebagai alat ukur yang bisa digunakan untuk mengetahui besaran arus yang melalui rangkaian. Selain itu juga digunakan untuk mengukur besarnya tahanan/resistansi

yang dipasang pada rangkaian sebagai variabel pengukuran.



Gambar 3 5. Multimeter/avometer

Berikut ini adalah data yang didapatkan dari hasil pengujian, pada pengujian ini untuk mendapatkan nilai R_s (resistor standar) yang digunakan sebagai penyeimbang teori jembatan *wheatstone*.

3.2.2. Tahapan pengujian.

Pada tahap pengujian ini akan dilakukan proses perakitan peralatan yang digunakan dalam pengujian.

- a. Wheatstone Bridge pada supply tegangan DC 15V dan AC pada 3V dengan frekuensi 1kHz.
 1. Siapkan peralatan seperti pada gambar diatas beserta kabel penghubung pada setiap alat.
 2. Untuk formasi pengukuran dengan supply arus DC menggunakan power supply sebagai sumber tegangan 15V atau function generator untuk supply AC 3V dengan frekuensi 1kHz.

3. Rangkaian power supply pada modul TK 2941A dan power amplifier.
 4. Pasangkan Multimeter/avometer pada rangkaian.
 5. Berikan variasi rangkaian dengan besaran resistansi yang telah ditentukan.
 6. Hubungkan resistansi R_x dengan peralatan listrik yang akan diukur besaran resistansinya.
 7. Catatan hasil pengujian sebanyak 6 kali dengan variasi yang sama kemudian diamati trendline dari pengujian.
 8. Ulangi langkah 5-7 pada peralatan listrik yang akan dilakukan pengukuran resistansi.
- b. Schering Bridge pada supply tegangan AC 3V dengan frekuensi 1kHz.
1. Siapkan peralatan seperti pada gambar diatas beserta kabel penghubung pada setiap rangkaian.
 2. Gunakan function generator sebagai supply tegangan 3V dengan frekuensi 1kHz.
 3. Rangkaian function generator dengan modul TK2941 A tanpa power amplifier.
 4. Pasang Multimeter/avometer pada rangkaian.
 5. Berikan variasi resistansi serta nilai kapasitansi dari 3 buah kapasitor yang dipasang pada modul TK2941A.
 6. Hubungkan R_x dan C_x pada peralatan listrik untuk diukur resistansi serta kapasitansi dari peralatan tersebut.
 7. Catatat hasil pengujian sebanyak 6 kali dengan variasi yang sama kemudian diamati trndline dari nilai kapasitansi hasil pengujian.

8. Ulangi langkah 5-7 pada peralatan listrik sebagai objek pengujian.
- c. Wien Bridge pada supply tegangan AC 3V dengan frekuensi 1kHz.
 1. Siapkan peralatan seperti pada gambar diatas beserta kabel penghubung pada setiap rangkaian.
 2. Gunakan function generator sebagai supply tegangan 3V dengan frekuensi 1kHz.
 3. Rangkaikan function generator dengan modul TK2941 A tanpa power amplifier.
 4. Pasang Multimeter/avometer pada rangkaian.
 5. Berikan variasi resistansi serta nilai kapasitansi dari 2 buah kapasitor yang dipasang pada modul TK2941A.
 6. Hubungkan Rx dan Cx pada peralatan listrik untuk diukur resistansi serta kapasitansi serta hitung hasil pengujian frekuensi.
 7. Catatat hasil pengujian sebanyak 6 kali dengan variasi yang sama kemudian diamati trndline dari nilai kapasitansi hasil pengujian.

3.3. Analisa Data dan Operasional Requirement

Setelah pengumpulan data, penganalisaan data dilakukan untuk perhitungan dan penentuan *operasional condition* sesuai dengan data sebelumnya dan merupakan langkah berikutnya untuk mengolah data terperinci guna membantu pengerjaan tugas akhir. Analisa data dan operasional *requirement* dilakukan untuk menentukan parameter dan kebutuhan operasional tersebut berdasarkan data yang sudah dikumpulkan sebelumnya pada tugas akhir ini.

3.4. Perhitungan Data Sistem dan Spesifikasi Bridge Feedback.

Dari data operasional requirement bridge feedback pada manual book, perhitungan system ini meliputi :

- a) Perhitungan resistansi dan impedansi
- b) Perhitungan kapasitansi
- c) Perhitungan frekuensi dengan bridge feedback di laboratorium listrik dan otomasi sistem perkapalan.

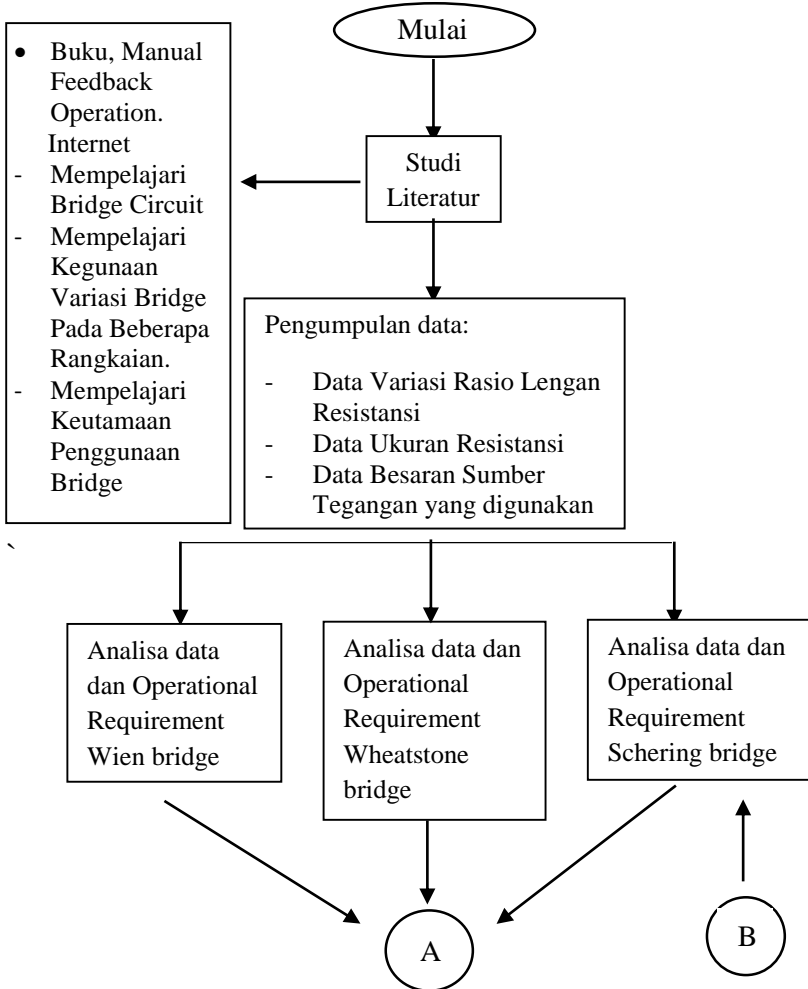
3.5. Pembuatan Tabel Serta Kurva Hasil Analisis

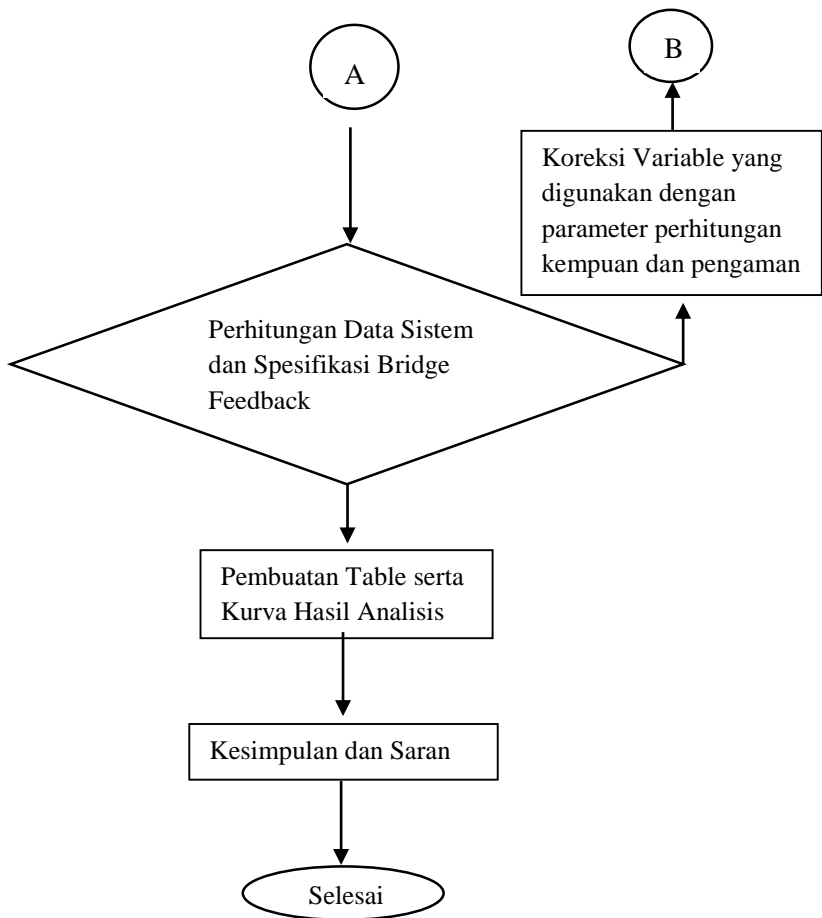
Dari hasil analisa yang dilakukan, langkah berikutnya adalah pembuatan tabel hasil analisa serta kurva pada proses analisa variasi pengukuran bridge feedback pada lab listrik kapal.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran dibuat berdasarkan seluruh aspek dalam pembahasan tugas akhir ini.

Berikut flow chart dari metodologi yang disusun :





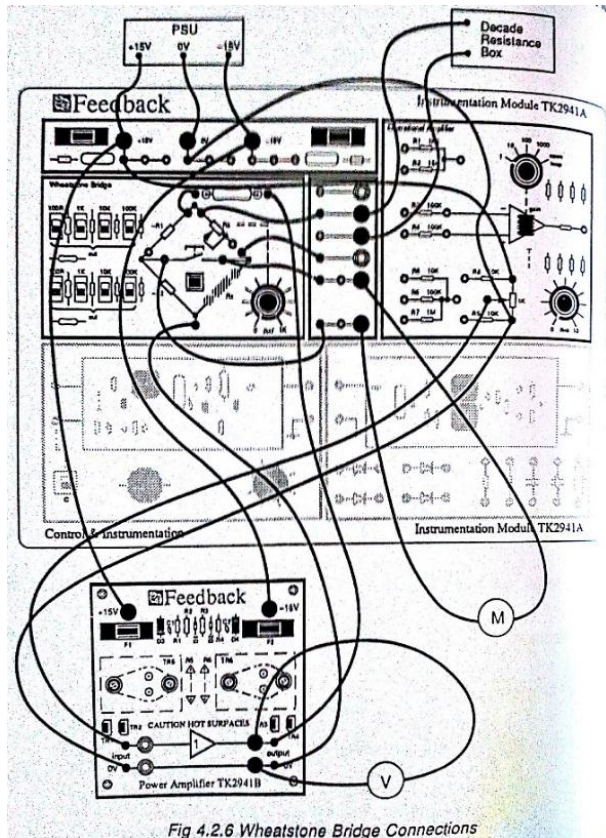
Gambar 3.6. Flow Chart Penyelesaian Tugas Akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Operasional Modul TK2941A.

Pada pengujian rangkaian operasioanal resistor standar menggunakan rangkaian seperti pada gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4. 1. Rangkaian dasar wheatstone bridge.
(Sumber: modul pengujian feedback)

Pada tabel dibawah merupakan data hasil pengamatan pada pengujian menggunakan rangkaian *basic wheatstone bridge* dengan supply arus dc pada rangkaian untuk mencari nilai R_s (resistansi standar) sebagai penyeimbang rangkaian nilai nol pada miliammeter sebagai berikut pada tabel 4.1.

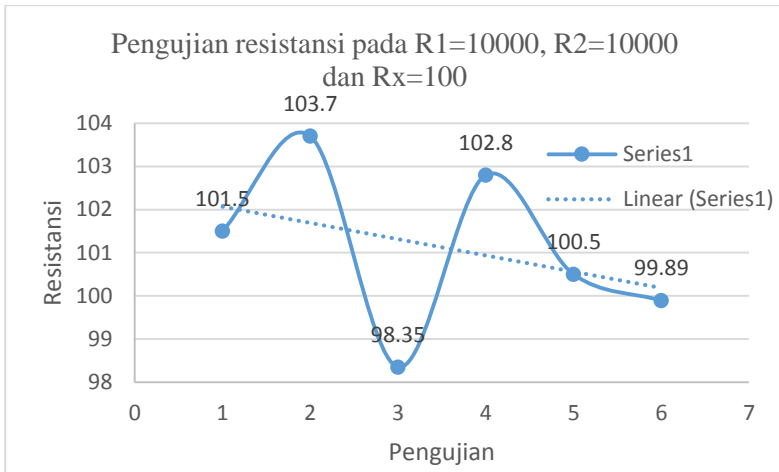
Tabel 4. 1. Hasil pengamatan pada pengujian rangkaian wheatstone bridge sesuai dengan modul pengujian.

$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_x (\Omega)$	$R_s (\Omega)$ (perhitungan)	$R_s (\Omega)$ (dicari)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
10000	10000	100	100	101.5	1.50
10000	10000	100	100	103.7	3.70
10000	10000	100	100	98.35	1.65
10000	10000	100	100	102.8	2.80
10000	10000	100	100	100.5	0.50
10000	10000	100	100	99.89	0.11
10000	10000	1000	1000	994.6	0.54
10000	10000	1000	1000	1002	0.20
10000	10000	1000	1000	999.7	0.03
10000	10000	1000	1000	1007	0.70
10000	10000	1000	1000	1001	0.10
10000	10000	1000	1000	999.1	0.09
10000	10000	10000	10000	10210	2.10
10000	10000	10000	10000	10050	0.50
10000	10000	10000	10000	9980	0.20
10000	10000	10000	10000	10070	0.70

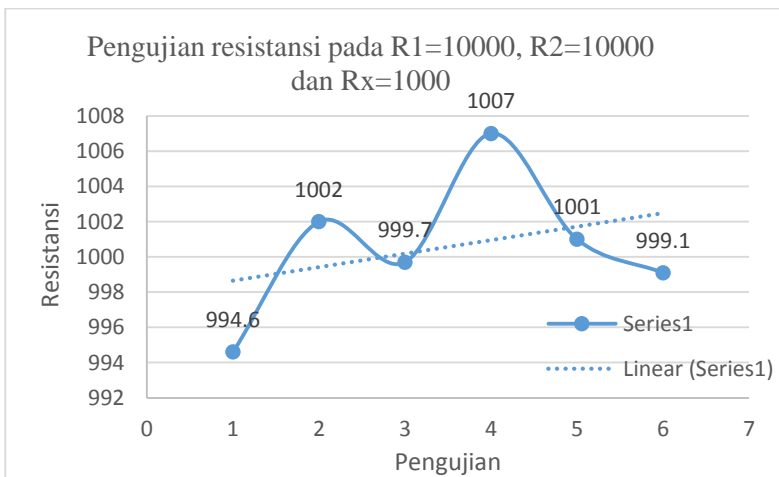
R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rx (Ω)	Rs (Ω) (perhitungan)	Rs (Ω) (dicari)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
10000	10000	10000	10000	9870	1.30
10000	10000	10000	10000	10010	0.10
10000	1000	100	1000	1025	2.50
10000	1000	100	1000	1004	0.40
10000	1000	100	1000	1014	1.40
10000	1000	100	1000	999.2	0.08
10000	1000	100	1000	1002	0.20
10000	1000	100	1000	1010	1.00
10000	1000	1000	10000	10030	0.30
10000	1000	1000	10000	10110	1.10
10000	1000	1000	10000	9970	0.30
10000	1000	1000	10000	10050	0.50
10000	1000	1000	10000	10010	0.10
10000	1000	1000	10000	9980	0.20
10000	1000	10000	100000	100500	0.50
10000	1000	10000	100000	99870	0.13
10000	1000	10000	100000	101200	1.20
10000	1000	10000	100000	100100	0.10
10000	1000	10000	100000	99990	0.01
10000	1000	10000	100000	100900	0.90
1000	10000	100	10	10.02	0.20
1000	10000	100	10	10.01	0.10
1000	10000	100	10	9.76	2.40

R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rx (Ω)	Rs (Ω) (perhitungan)	Rs (Ω) (dicari)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
1000	10000	100	10	10.06	0.60
1000	10000	100	10	10.07	0.70
1000	10000	100	10	10.02	0.20
1000	10000	1000	100	100.5	0.50
1000	10000	1000	100	99.98	0.02
1000	10000	1000	100	100.1	0.10
1000	10000	1000	100	100.9	0.90
1000	10000	1000	100	101.2	1.20
1000	10000	1000	100	100.4	0.40
1000	10000	10000	1000	1007	0.70
1000	10000	10000	1000	998.4	0.16
1000	10000	10000	1000	1002	0.20
1000	10000	10000	1000	1009	0.90
1000	10000	10000	1000	999.8	0.02
1000	10000	10000	1000	1010	1.00

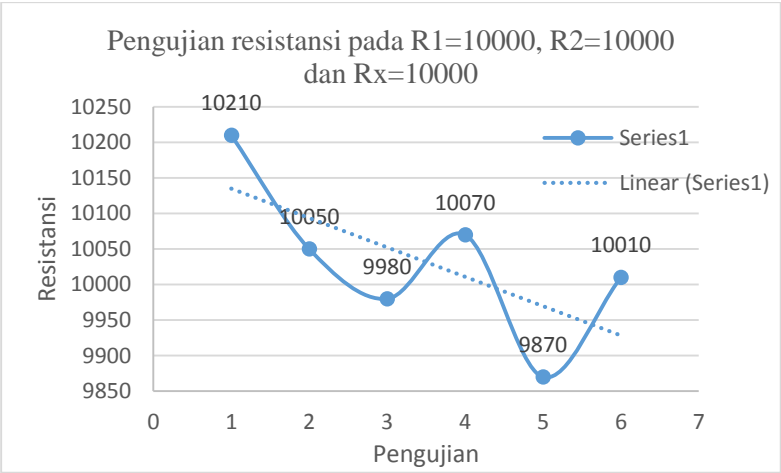
Pada hasil Pengujian seperti pada tabel 4.1 dapat disimpulkan secara singkat bahwa pada pengujian perhitungan resistansi memiliki rata-rata ketidaksesuaian antara hasil perhitungan dengan pengujian sebesar 1.71%, dimana variasi ketidaksesuaian mulai dari 0.50% - 3.70% pada variasi tabel pertama. Sedangkan pada tabel pengujian yang lain memiliki variasi ketidaksesuaian yang berbeda. Pada tabel pengamatan dengan variasi terakhir memiliki rata-rata 0.5 dengan jarak hasil pengujian 0.02% - 1.00%.



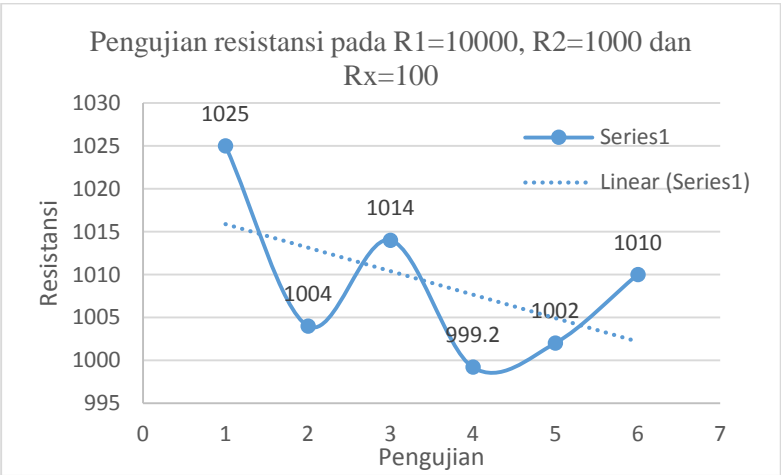
Gambar 4. 2. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=100$



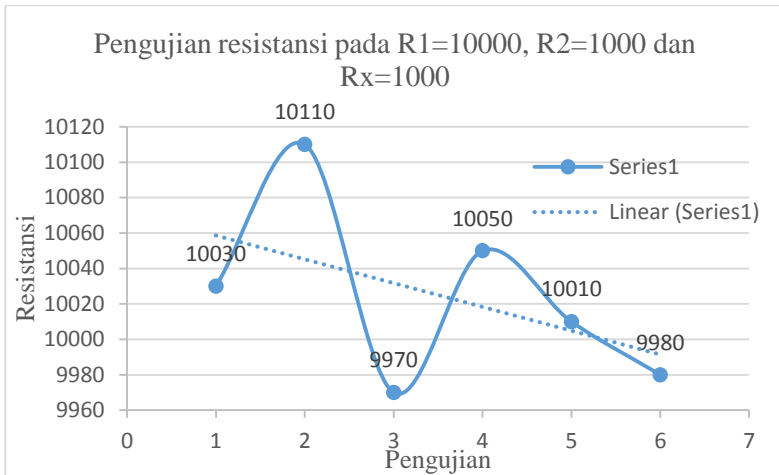
Gambar 4. 3. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=1000$



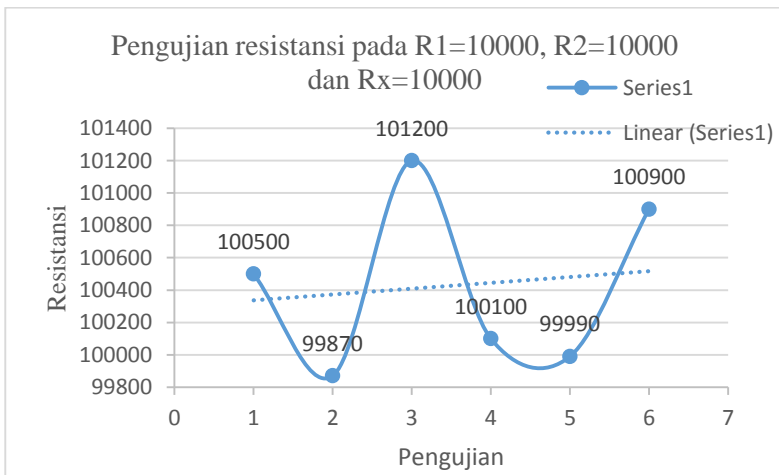
Gambar 4. 4. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=10000$



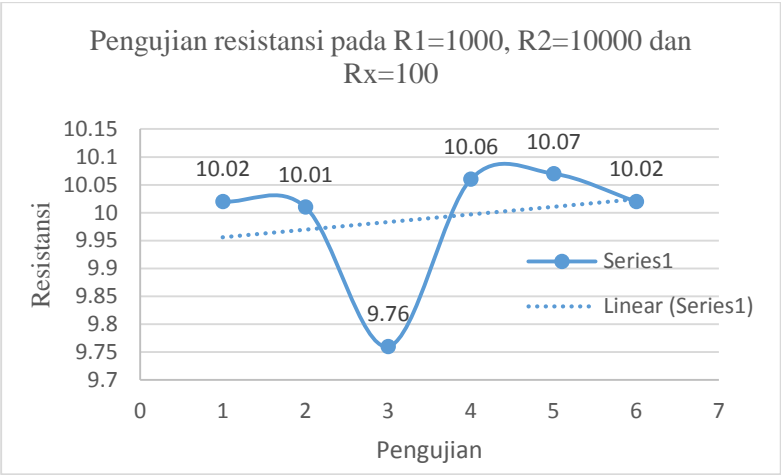
Gambar 4. 5. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=100$



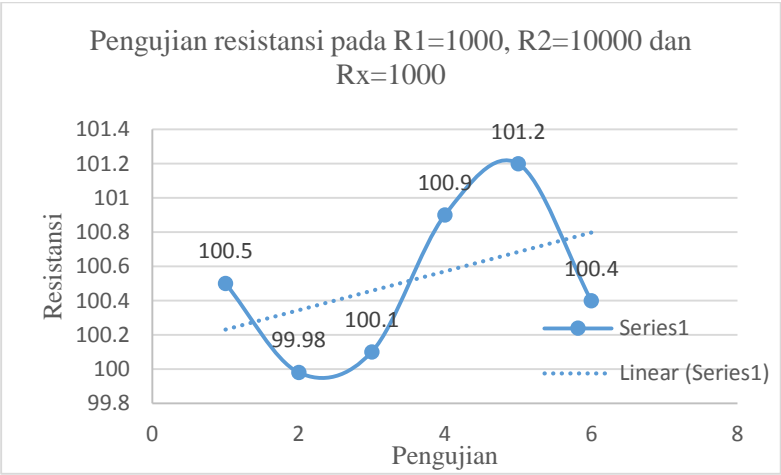
Gambar 4. 6. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=1000$



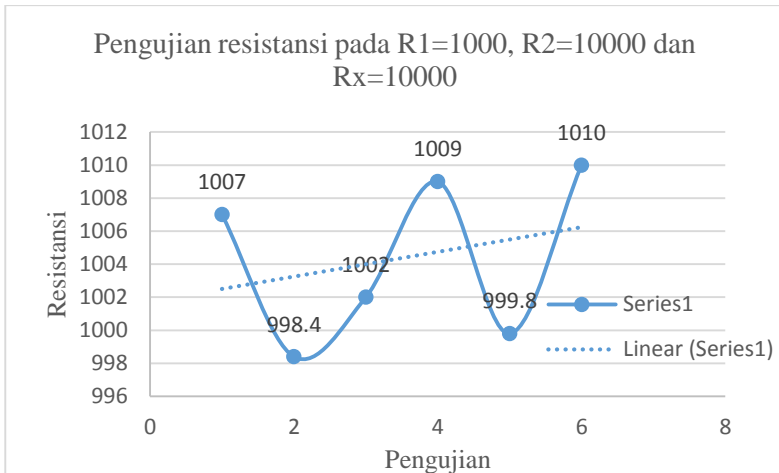
Gambar 4. 7. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=10000$



Gambar 4. 8. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=100$



Gambar 4. 9. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=1000$



Gambar 4. 10. Grafik pengujian resistansi pada $R_1=10000$, $R_2=10000$ dan $R_x=10000$

Dari hasil pengujian pada 9 sampel grafik diatas didapatkan trendline 4 grafik mengalami penurunan sedang 5 grafik lainnya mengalami kenaikan yang bervariasi mulai dari yang rendah pada proses kenaikan trendline hingga tinggi. Maka pada pengujian pada tabel dan analisa grafik tersebut memiliki rata-rata trendline yang meningkat pada beberapa variasi penggunaan resistansi pada pengujian kali ini.

4.1.1. Data Operasional Resistor Dengan Rasio

Pada pengujian rangkaian operasional resistor dengan rasio menggunakan rangkaian seperti pada gambar 4.2 sebagai berikut.

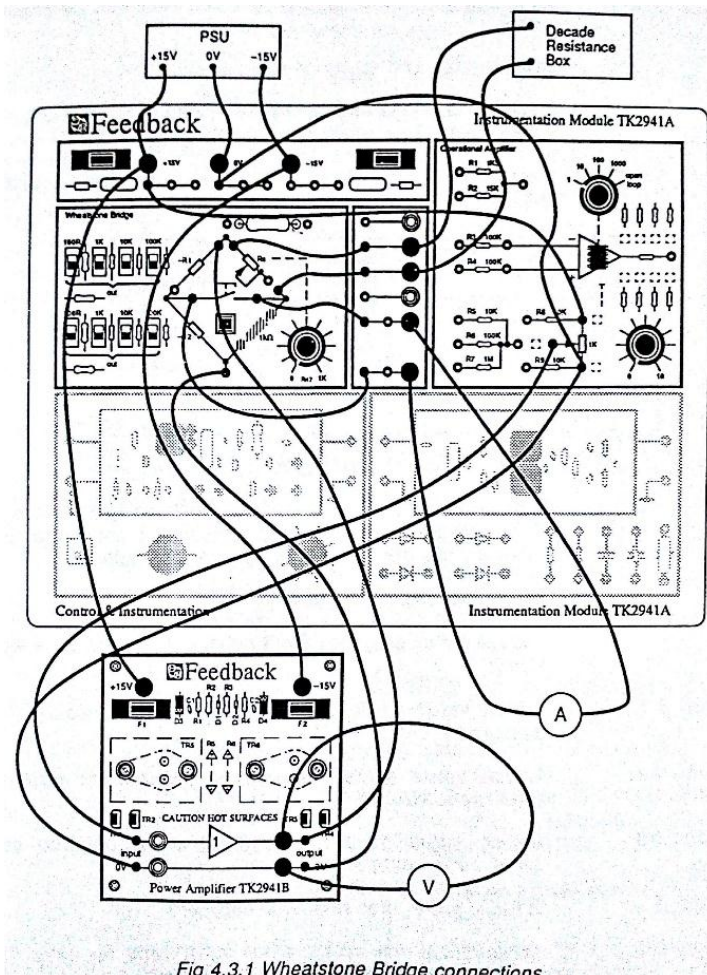


Fig 4.3.1 Wheatstone Bridge connections

Gambar 4. 11. Rangkaian variable rasio resistansi.

Sumber: modul pengujian feedback

Pada tabel dibawah ini merupakan data hasil pengamatan pada pengujian rangkaian wheatstone bridge menggunakan rasio nilai R1 dan R2 pada arus standar yang mengalir pada rangkaian sebagai berikut pada tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4. 2. Hasil pengamatan pengujian pada rangkaian wheatstone bridge dengan rasio variable resistor.

R1=R2 (Ω)	Rx (Ω)	Rs (perhitungan)	Rs (Ω) (pengujian)	μ A (arus pada rangkaiian)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
100	1000	1000	1002	155	0.20
	1000	1000	999.5	152	0.05
	1000	1000	997.3	147	0.27
	1000	1000	1008	162	0.80
	1000	1000	998.7	149	0.13
	1000	1000	999.8	152	0.02
1000	1000	1000	1005	125	0.50
	1000	1000	1001	119	0.10
	1000	1000	999.5	117	0.05
	1000	1000	1010	132	1.00
	1000	1000	1007	128	0.70
	1000	1000	998.2	105	0.18
10000	1000	1000	1002	38	0.20
	1000	1000	999.3	32	0.07
	1000	1000	1010	42	1.00

R1=R2 (Ω)	Rx (Ω)	Rs (perhitungan)	Rs (Ω) (pengujian)	μ A (arus pada rangkaian)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
	1000	1000	998.7	28	0.13
	1000	1000	999.9	34	0.01
	1000	1000	1001	37	0.10
100000	1000	1000	990.2	9	0.98
	1000	1000	999.3	11	0.07
	1000	1000	1007	15	0.70
	1000	1000	1001	12	0.10
	1000	1000	1005	14	0.50
	1000	1000	1002	13	0.20

Berikut ini adalah tabel hasil pengamatan dengan variasi rasio pada R1 dan R2 pada *wheatstone bridge* dengan nilai Rx = 1000 Ω adalah sebagai berikut pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Hasil pengamatan pengujian pada rangkaian wheatstone bridge dengan rasio lebih kompleks.

R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rasio	Rs (Ω) (pengujian)	μ A (arus pada rangkaiian)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
100	1000	1:10	100.1	73	0.10
100	1000		100.7	73	0.70
100	1000		100.4	73	0.40
100	1000		100.9	73	0.90
100	1000		100.9	73	0.90
100	1000		100.5	73	0.50
1000	10000		99.95	42	0.05
1000	10000		100.1	42	0.10
1000	10000		100.4	42	0.40
1000	10000		100.8	42	0.80
1000	10000		100.2	42	0.20
1000	10000		100.5	42	0.50
10000	100000		99.25	8.5	0.75
10000	100000		99.76	8.5	0.24
10000	100000		99.22	8.5	0.78
10000	100000		99.02	8.5	0.98
10000	100000		99.88	8.5	0.12
10000	100000		99.72	8.5	0.28
10000	10000	1 : 100	10.02	13	0.20
10000	10000		10.03	13	0.30
10000	10000		10.03	13	0.30

R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rasio	Rs (Ω) (pengujian)	μ A (arus pada rangkaian)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
10000	10000		10.07	13	0.70
10000	10000		10.09	13	0.90
10000	10000		10.01	13	0.10
1000	100000		10.28	6	2.80
1000	100000		10.77	6	7.70
1000	100000		10.15	6	1.50
1000	100000		10.19	6	1.90
1000	100000		10.27	6	2.70
1000	100000		10.33	6	3.30
1000	100	10 : 1	10100	90	1.00
1000	100		10970	90	9.70
1000	100		10860	90	8.60
1000	100		10750	90	7.50
1000	100		10550	90	5.50
1000	100		10110	90	1.10
10000	1000		10120	60	1.20
10000	1000		10010	60	0.10
10000	1000		9990	60	0.10
10000	1000		10250	60	2.50
10000	1000		10220	60	2.20
10000	1000		10020	60	0.20

R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rasio	Rs (Ω) (pengujian)	μ A (arus pada rangkaiian)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan %
100000	10000		10180	11	1.80
100000	10000		10550	11	5.50
100000	10000		10150	11	1.50
100000	10000		9980	11	0.20
100000	10000		10010	11	0.10
100000	10000		10100	11	1.00
10000	100	100 : 1	99750	7	0.25
10000	100		100300	7	0.30
10000	100		99870	7	0.13
10000	100		98250	7	1.75
10000	100		100700	7	0.70
10000	100		99990	7	0.01
100000	1000		98780	5	1.22
100000	1000		100400	5	0.40
100000	1000		100100	5	0.10
100000	1000		99960	5	0.04
100000	1000		100500	5	0.50
100000	1000		99150	5	0.85

4.1.2. Analisa Hasil Pengujian

Pada pengujian ini dilakukan analisa terhadap hasil pengujian dengan menggunakan rumus dasar teori dari metode pengukuran resistansi dengan jembatan wheatstone. Dimana rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$R_x = \frac{R_2 \times R_s}{R_1}$$

Diambil dari sampel data tabel hasil pengujian data operasi anl resistor standar sebagai berikut :

Analisa perhitungan R_s dengan rasio $R_1/R_2 = 1:10$

- 1) $R_s = 997.3 \Omega$ jika dihitung dengan rumus standar sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{R_1 \times R_x}{R_2} \\ &= \frac{100 \Omega \times 1000 \Omega}{1000 \Omega} \\ &= 100 \Omega \end{aligned}$$

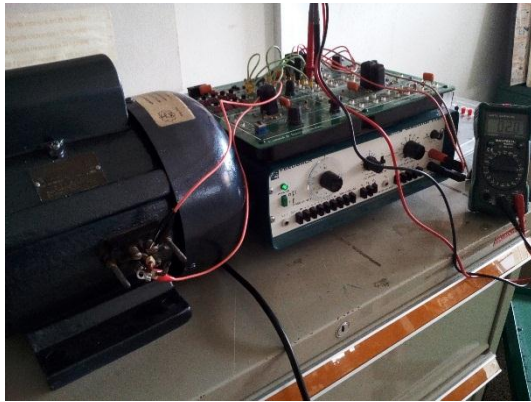
Persentase ketidak sesuaian (error).

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{hasil pengujian} - \text{perhitungan}}{\text{perhitungan}} \times 100\% \\ &= \text{absolut} \left(\frac{997.3 - 1000}{100} \times 100\% \right) \\ &= 0.27 \% \end{aligned}$$

4.2. Analisa Pengujian Resistansi.

4.2.1. Analisa Pengujian Resistansi Motor Induksi 1 phase menggunakan rangkaian wheatstone bridge.

Rangkaian pengujian pengukuran resistansi pada motor induksi 1 phase seperti pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4 12. Rangkaian pengujian resistansi motor induksi 1 phase.

Dari data hasil pengambilan standar pengujian sesuai modul feedback dapat dianalisa presentase error hasil pengujian. Kemudian dilakukan pengujian pengukuran resistansi peralatan listrik yang ada di laboratorium listrik kapal. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai resistansi dari motor *induksi 1 phase* sebagai berikut.

Tabel 4. 4. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan utama dan bantu pada motor induksi 1 phase.

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
D1 – D3	1:10	100	1000	0.3721	3.721

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _x ..? (Ω)
		100	1000	0.3685	3.685
		100	1000	0.3717	3.717
		100	1000	0.3752	3.752
		100	1000	0.3691	3.691
		100	1000	0.3725	3.725
		1000	10000	0.3612	3.612
		1000	10000	0.3631	3.631
		1000	10000	0.3599	3.599
		1000	10000	0.3606	3.606
		1000	10000	0.3595	3.595
		1000	10000	0.3636	3.636
		10000	100000	0.3792	3.792
		10000	100000	0.3812	3.812
		10000	100000	0.3803	3.803
		10000	100000	0.3798	3.798
		10000	100000	0.3808	3.808
		10000	100000	0.3789	3.789
D2 – D4	1:10	100	1000	0.2102	2.102
		100	1000	0.2117	2.117
		100	1000	0.2113	2.113
		100	1000	0.2095	2.095
		100	1000	0.2098	2.098

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	0.2095	2.095
		1000	10000	0.2311	2.311
		1000	10000	0.2305	2.305
		1000	10000	0.2297	2.297
		1000	10000	0.2301	2.301
		1000	10000	0.2308	2.308
		1000	10000	0.2289	2.289
		10000	100000	0.2205	2.205
		10000	100000	0.2211	2.211
		10000	100000	0.2199	2.199
		10000	100000	0.2203	2.203
		10000	100000	0.2194	2.194
		10000	100000	0.2209	2.209

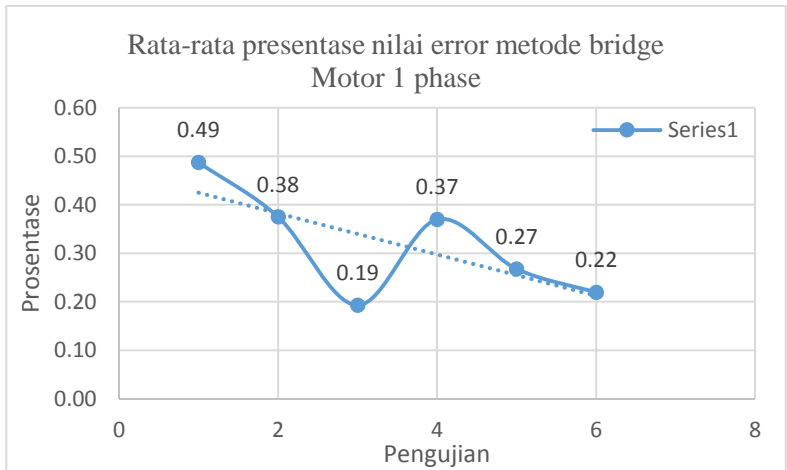
Lanjutan Tabel 4.5. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan utama dan bantu pada motor induksi 1 phase.

Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
3.715	3.7	3.9	0.16	5.41
		3.8	0.81	2.70
		3.6	0.05	2.70
		3.6	0.99	2.70
		3.8	0.65	2.70
		3.5	0.26	5.41
3.613	3.6	3.5	0.03	2.78
		3.8	0.49	5.56
		3.7	0.39	2.78
		3.5	0.20	2.78
		3.4	0.50	5.56
		3.7	0.63	2.78
3.800	3.8	3.9	0.22	2.63
		3.6	0.31	5.26
		3.7	0.07	2.63
		4.0	0.06	5.26
		4.0	0.20	5.26
		3.6	0.30	5.26
2.103	2.1	2.3	0.06	9.52
		2.2	0.65	4.76

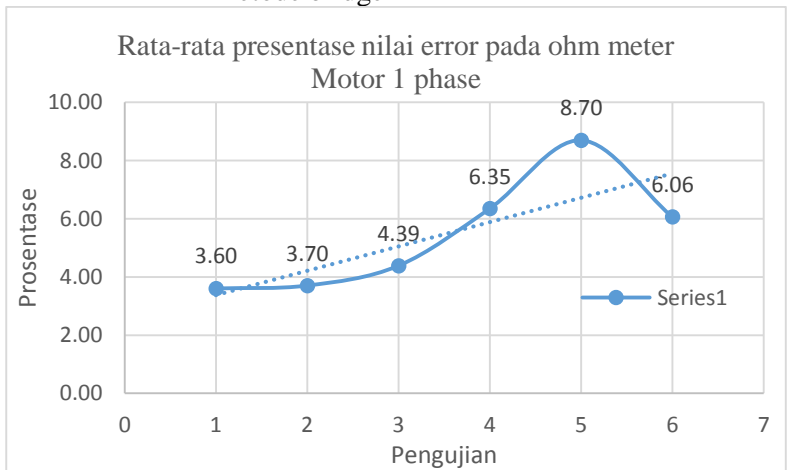
Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		1.9	0.46	9.52
		2.2	0.40	4.76
		2.0	0.25	4.76
		2.0	0.40	4.76
2.302	2.3	2.2	0.40	4.35
		2.0	0.14	13.04
		2.1	0.21	8.70
		2.4	0.04	4.35
		2.6	0.27	13.04
		2.5	0.56	8.70
2.204	2.2	2.3	0.07	4.55
		2.0	0.34	9.09
		2.1	0.20	4.55
		2.3	0.02	4.55
		2.1	0.43	4.55
		2.4	0.25	9.09

Pengujian diatas menggunakan rasio $R1/R2 = 100\Omega / 1000\Omega$. atau 1:10 dengan nilai R_s yang diatur agar arus yang melewati jembatan wheatstone bernilai nol dengan pembacaan menggunakan milliammeter dengan satuan μA . Nilai presentase lain pada tabel pengujian motor induksi 1 phase mengikuti perhitungan sesuai rumus pada tinjauan pustaka.

Dari data tabel hasil pengujian dapat dijelaskan pada grafik



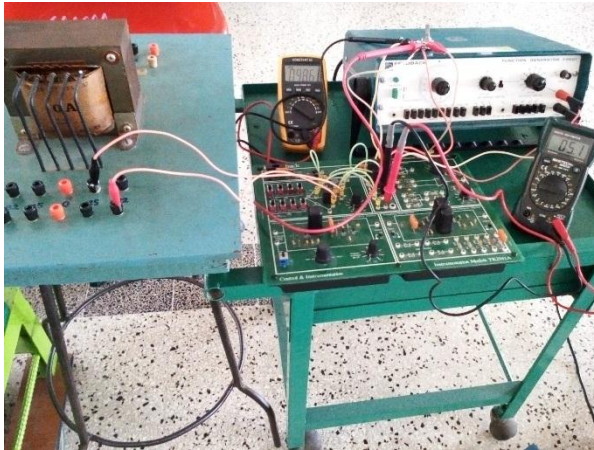
Gambar 4. 13. Grafik Prosentasi Error pada Pengujian Resistansi metode bridge



Gambar 4. 14. Grafik Prosentase Error pada pengujian resistansi dengan ohm meter.

4.2.2. Analisa Pengujian Resistansi Transformator menggunakan rangkaian wheatstone bridge.

Rangkaian pengujian pengukuran resistansi pada transformator seperti pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4. 15. Rangkaian pengujian resistansi motor induksi 1 phase.

Pengujian selanjutnya pengambilan sampel data pada peralatan listrik berupa transformator yang ada di laboratorium listrik kapal. Pengujian bertujuan menguji peralatan wheatstone bridge sebagai pengukur resistansi pada peralatan listrik, berikut tabel data hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4. 6. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan primer dan sekunder pada transformator.

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _x ...? (Ω)
PRIMER	1:10	100	1000	0.0711	0.711
		100	1000	0.0701	0.701
		100	1000	0.0704	0.704
		100	1000	0.0699	0.699
		100	1000	0.0705	0.705
		100	1000	0.0707	0.707
		1000	10000	0.0905	0.905
		1000	10000	0.0911	0.911
		1000	10000	0.0907	0.907
		1000	10000	0.0898	0.898
		1000	10000	0.0909	0.909
		1000	10000	0.0901	0.901
		10000	100000	0.0806	0.806
		10000	100000	0.0811	0.811
		10000	100000	0.0797	0.797
		10000	100000	0.0804	0.804
		10000	100000	0.0799	0.799
		10000	100000	0.0803	0.803
		100	1000	0.2414	2.414

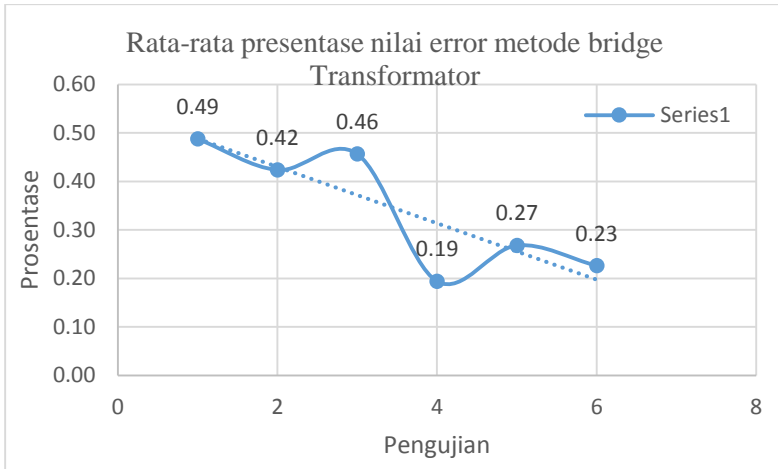
Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx...? (Ω)
SEKUNDER	1:10	100	1000	0.2405	2.405
		100	1000	0.2399	2.399
		100	1000	0.2407	2.407
		100	1000	0.2397	2.397
		100	1000	0.2408	2.408
		1000	10000	0.2311	2.311
		1000	10000	0.2305	2.305
		1000	10000	0.2297	2.297
		1000	10000	0.2301	2.301
		1000	10000	0.2308	2.308
		1000	10000	0.2289	2.289
		10000	100000	0.2501	2.501
		10000	100000	0.2495	2.495
		10000	100000	0.2505	2.505
		10000	100000	0.2509	2.509
		10000	100000	0.2511	2.511
		10000	100000	0.2515	2.515

Lanjutan Tabel 4. 7. Hasil pengamatan pengujian resistansi kumparan primer dan sekunder pada transformator.

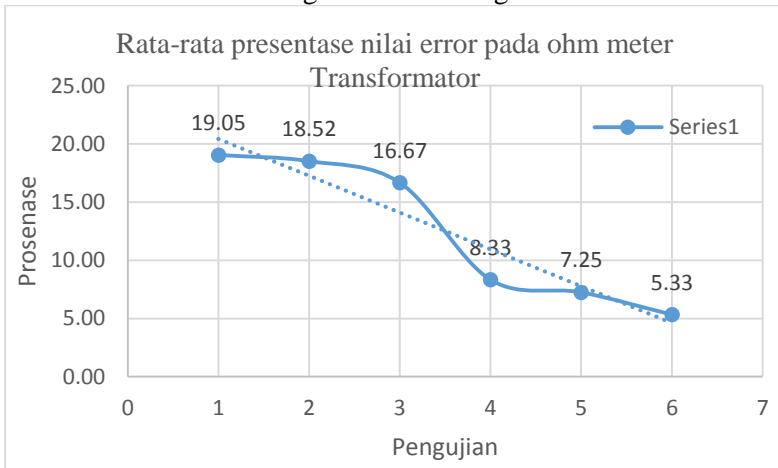
Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
0.705	0.7	0.8	0.92	14.29
		0.5	0.50	28.57
		0.6	0.07	14.29
		0.8	0.78	14.29
		0.9	0.07	28.57
		0.6	0.35	14.29
0.905	0.9	0.7	0.02	22.22
		1.1	0.64	22.22
		0.8	0.20	11.11
		0.7	0.79	22.22
		1.1	0.42	22.22
		1.0	0.46	11.11
0.803	0.8	0.7	0.33	12.50
		0.6	0.95	25.00
		0.9	0.79	12.50
		0.7	0.08	12.50
		1.0	0.54	25.00
		0.9	0.04	12.50
2.405	2.4	2.2	0.37	8.33

Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		2.3	0.00	4.17
		2.1	0.25	12.50
		2.6	0.08	8.33
		2.7	0.33	12.50
		2.5	0.12	4.17
2.302	2.3	2.1	0.40	8.70
		2.2	0.14	4.35
		2.5	0.21	8.70
		2.1	0.04	8.70
		2.4	0.27	4.35
		2.5	0.56	8.70
2.506	2.5	2.3	0.20	8.00
		2.6	0.44	4.00
		2.7	0.04	8.00
		2.4	0.12	4.00
		2.4	0.20	4.00
		2.6	0.36	4.00

Dari data hasil pengujian diatas dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut:

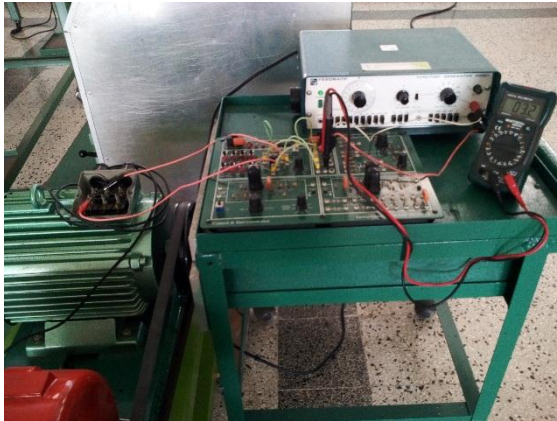


Gambar 4. 16. Grafik Prosentase Error pada pengujian resistansi dengan metode bridge.



Gambar 4. 17. Grafik Prosentase Error pada pengujian resistansi dengan ohm meter. .

4.2.3. Analisa Pengujian Resistansi Motor asinkron 3 phase menggunakan rangkaian wheatstone bridge.



Gambar 4. 18. Pengujian Resistansi pada motor asinkron 3 phase.

Pada gambar diatas merupakan proses pengujian resistabsi pada motor asinkron 3 phase, dimana hasil pengujian dapat ditampilkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 8. Hasil Pengujian Resistansi Motor Asinkron 3 phase

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
R (U1-U2)	1:10	100	1000	0.2098	2.098
		100	1000	0.2101	2.101
		100	1000	0.2103	2.103

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	0.2095	2.095
		100	1000	0.2107	2.107
		100	1000	0.2110	2.110
		1000	10000	0.1904	1.904
		1000	10000	0.1896	1.896
		1000	10000	0.1911	1.911
		1000	10000	0.1907	1.907
		1000	10000	0.1912	1.912
		1000	10000	0.1902	1.902
		10000	100000	0.2001	2.001
		10000	100000	0.2011	2.011
		10000	100000	0.2012	2.012
		10000	100000	0.1998	1.998
		10000	100000	0.2007	2.007
		10000	100000	0.2003	2.003
S (V1-V2)	1:10	100	1000	0.1902	1.902
		100	1000	0.1895	1.895
		100	1000	0.1908	1.908
		100	1000	0.1904	1.904
		100	1000	0.1914	1.914
		100	1000	0.1905	1.905

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		1000	10000	0.2107	2.107
		1000	10000	0.2102	2.102
		1000	10000	0.2105	2.105
		1000	10000	0.2097	2.097
		1000	10000	0.2093	2.093
		1000	10000	0.2101	2.101
		10000	100000	0.2003	2.003
		10000	100000	0.2014	2.014
		10000	100000	0.2011	2.011
		10000	100000	0.1999	1.999
		10000	100000	0.2004	2.004
		10000	100000	0.2001	2.001
T (W1- W2)	1:10	100	1000	0.2104	2.104
		100	1000	0.2106	2.106
		100	1000	0.2101	2.101
		100	1000	0.2099	2.099
		100	1000	0.2097	2.097
		100	1000	0.2105	2.105
		1000	10000	0.1904	1.904
		1000	10000	0.1897	1.897
		1000	10000	0.1903	1.903
		1000	10000	0.1908	1.908

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		1000	10000	0.1916	1.916
		1000	10000	0.1909	1.909
		10000	100000	0.2007	2.007
		10000	100000	0.2012	2.012
		10000	100000	0.2015	2.015
		10000	100000	0.1998	1.998
		10000	100000	0.2002	2.002
		10000	100000	0.2003	2.003

Lanjutan Tabel 4. 9. Hasil Pengujian Resistansi Motor Asinkron 3 phase

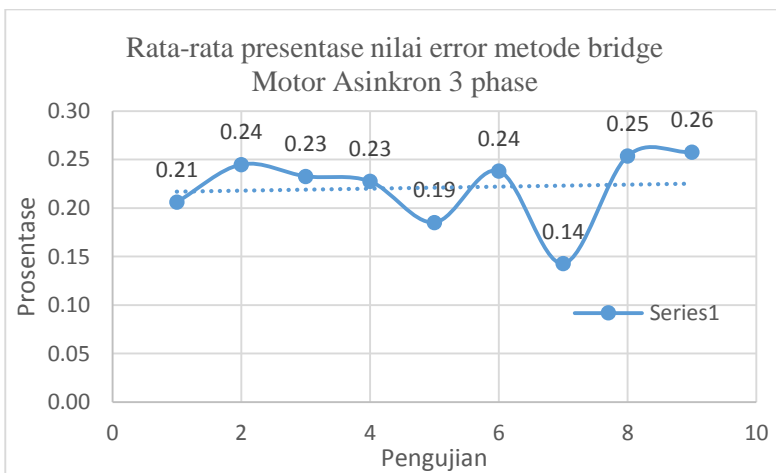
Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
2.102	2.1	2.2	0.21	3.13
		1.9	0.06	10.94
		1.8	0.03	15.63
		2.3	0.35	7.81

Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		2.4	0.22	12.50
		2.2	0.36	3.13
1.905	1.9	1.8	0.07	4.42
		2.2	0.49	16.81
		2.1	0.30	11.50
		1.8	0.09	4.42
		1.7	0.35	9.73
		1.7	0.17	9.73
2.005	2.0	2.2	0.22	10.00
		2.1	0.28	5.00
		1.8	0.33	10.00
		2.1	0.37	5.00
		1.9	0.08	5.00
		1.9	0.12	5.00
1.905	1.9	2.2	0.14	15.79
		1.8	0.51	5.26
		2.0	0.18	5.26
		2.1	0.04	10.53
		1.6	0.49	15.79
		1.7	0.02	10.53
2.101	2.1	2.2	0.29	4.76
		1.9	0.06	9.52

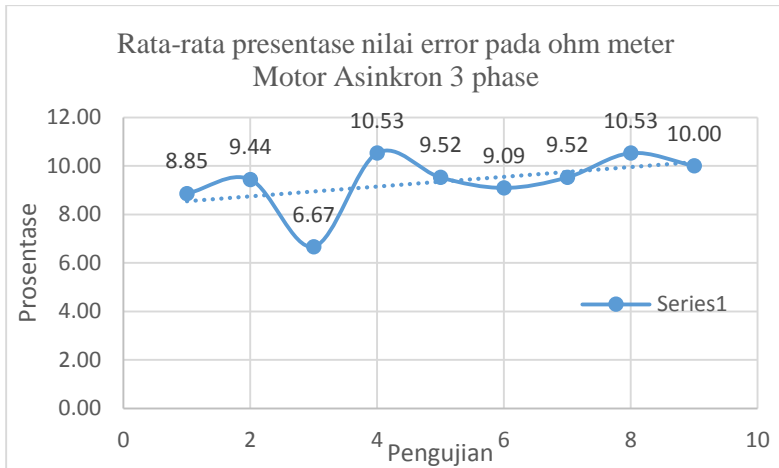
Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		2.0	0.20	4.76
		1.8	0.18	14.29
		2.3	0.37	9.52
		2.4	0.01	14.29
2.005	2.0	1.8	0.12	10.74
		2.3	0.43	14.05
		2.2	0.28	9.09
		2.1	0.32	4.13
		1.8	0.07	10.74
		1.9	0.22	5.79
2.102	2.1	1.9	0.10	9.52
		2.0	0.19	4.76
		2.3	0.05	9.52
		1.8	0.14	14.29
		2.2	0.24	4.76
		2.4	0.14	14.29
1.906	1.9	2.0	0.11	5.26
		2.2	0.48	15.79
		1.8	0.17	5.26
		2.1	0.10	10.53
		1.6	0.52	15.79
		1.7	0.15	10.53

Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
2.006	2.0	1.9	0.04	5.00
		2.3	0.29	15.00
		2.1	0.44	5.00
		1.8	0.41	10.00
		1.7	0.21	15.00
		2.2	0.16	10.00

Dari tabel diatas dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 19. Grafik prosentase error dengan metode bridge.



Gambar 4. 20. Grafik prosentase error dengan ohm meter.

Dari grafik diatas dapat diamati bahwa dengan menggunakan metode bridge maka prosentase error pada pengujian nilai resistansi dapat direduksi dengan baik. Dengan nilai dibawah 0.5% menunjukkan bahwa dengan metode bridge pengukuran resistansi semakin akurat.

4.2.4. Analisa Pengujian Resistansi Generator 600 VA.

Pada analisa pengujian selanjutnya objek yang akan dilakukan pengujian nilai resistansi adalah sebuah generator yang memiliki spesifikasi dasar dengan daya output sebesar 600 VA.



Gambar 4. 21. Pengujian nilai resistansi pada generator 600VA

Tabel 4. 10. Hasil Pengujian Resistansi Generator 600VA

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _{x..?} (Ω)
P-N	1:10	100	1000	10.35	103.500
		100	1000	10.29	102.900
		100	1000	10.25	102.500
		100	1000	10.39	103.900
		100	1000	10.44	104.400
		100	1000	10.37	103.700
		1000	10000	10.45	104.500
		1000	10000	10.42	104.200

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		1000	10000	10.54	105.400
		1000	10000	10.57	105.700
		1000	10000	10.45	104.500
		1000	10000	10.48	104.800
		10000	100000	10.24	102.400
		10000	100000	10.18	101.800
		10000	100000	10.22	102.200
		10000	100000	10.16	101.600
		10000	100000	10.32	103.200
		10000	100000	10.28	102.800
U-X	1:10	100	1000	1.462	14.620
		100	1000	1.469	14.690
		100	1000	1.459	14.590
		100	1000	1.461	14.610
		100	1000	1.467	14.670
		100	1000	1.469	14.690
		1000	10000	1.435	14.350
		1000	10000	1.438	14.380
		1000	10000	1.428	14.280
		1000	10000	1.425	14.250
		1000	10000	1.436	14.360

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx...? (Ω)
		1000	10000	1.432	14.320
		10000	100000	1.447	14.470
		10000	100000	1.442	14.420
		10000	100000	1.437	14.370
		10000	100000	1.445	14.450
		10000	100000	1.441	14.410
		10000	100000	1.439	14.390
V-Y	1:10	100	1000	1.434	14.340
		100	1000	1.433	14.330
		100	1000	1.422	14.220
		100	1000	1.427	14.270
		100	1000	1.439	14.390
		100	1000	1.435	14.350
		1000	10000	1.445	14.450
		1000	10000	1.444	14.440
		1000	10000	1.433	14.330
		1000	10000	1.448	14.480
		1000	10000	1.447	14.470
		1000	10000	1.436	14.360
		10000	100000	1.462	14.620
		10000	100000	1.469	14.690

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		10000	100000	1.459	14.590
		10000	100000	1.461	14.610
		10000	100000	1.467	14.670
		10000	100000	1.469	14.690
W-Z	1:10	100	1000	1.443	14.430
		100	1000	1.447	14.470
		100	1000	1.436	14.360
		100	1000	1.444	14.440
		100	1000	1.442	14.420
		100	1000	1.433	14.330
		1000	10000	1.437	14.370
		1000	10000	1.435	14.350
		1000	10000	1.424	14.240
		1000	10000	1.428	14.280
		1000	10000	1.439	14.390
		1000	10000	1.435	14.350
		10000	100000	1.464	14.640
		10000	100000	1.467	14.670
		10000	100000	1.456	14.560
		10000	100000	1.463	14.630
		10000	100000	1.469	14.690

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx...? (Ω)
		10000	100000	1.465	14.650

Lanjutan Tabel 4. 11. Hasil Pengujian Resistansi Generator 600VA

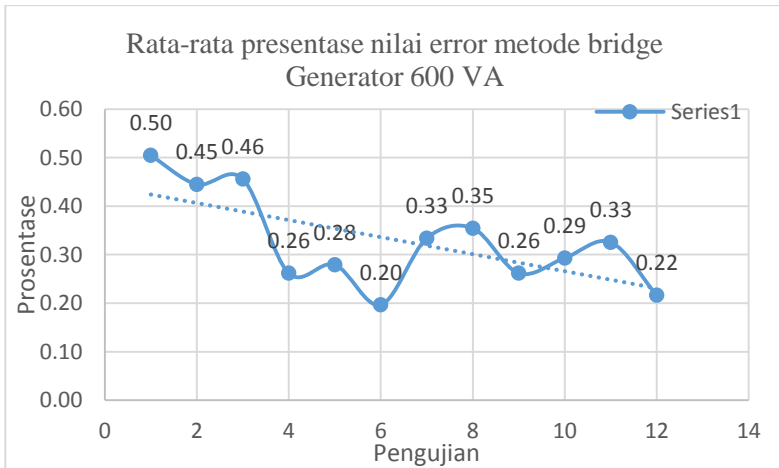
Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
103.5	103.2	105.5	0.02	2.21
		104.4	0.56	1.15
		100.9	0.95	2.24
		106.4	0.40	3.08
		102.0	0.89	1.18
		100.1	0.21	3.02
104.9	104.5	106.7	0.33	2.06
		103.3	0.62	1.19
		102.5	0.52	1.96
		107.6	0.81	2.90
		105.8	0.33	1.20

Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		101.4	0.05	3.01
102.3	102.7	104.8	0.07	2.08
		103.8	0.52	1.11
		100.3	0.13	2.30
		105.9	0.72	3.15
		101.4	0.85	1.23
		99.8	0.46	2.80
14.65	14.6	15.8	0.17	8.22
		12.4	0.31	15.07
		13.9	0.38	4.79
		12.3	0.24	15.75
		16.8	0.17	15.07
		16.4	0.31	12.33
14.32	14.3	13.5	0.19	5.59
		11.1	0.40	22.38
		15.6	0.30	9.09
		16.0	0.51	11.89
		17.5	0.26	22.38
		12.1	0.02	476.19
14.42	14.4	16.2	0.36	12.50
		11.6	0.01	19.44
		12.5	0.34	13.19

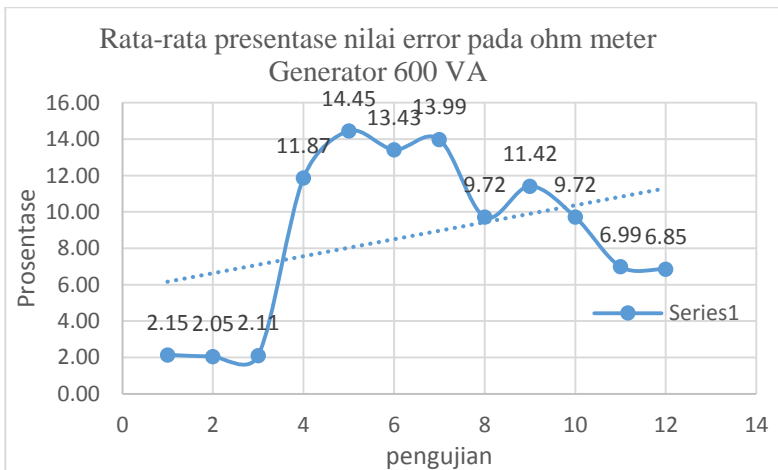
Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		13.3	0.22	7.64
		17.7	0.06	22.92
		15.1	0.20	4.86
14.32	14.3	16.2	0.16	13.29
		11.4	0.09	20.28
		12.5	0.68	12.59
		15.1	0.33	5.59
		17.6	0.51	23.08
		13.00	0.23	9.09
14.42	14.4	15.2	0.20	5.56
		12.6	0.13	12.50
		16.5	0.64	14.58
		12.3	0.40	14.58
		15.7	0.34	9.03
		14.1	0.43	2.08
14.645	14.6	15.6	0.17	6.85
		12.6	0.31	13.70
		13.5	0.38	7.53
		12.7	0.24	13.01
		16.4	0.17	12.33
		16.8	0.31	15.07
14.41	14.4	16.2	0.15	12.50

Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)
		12.6	0.43	12.50
		15.5	0.34	7.64
		13.3	0.22	7.64
		15.7	0.08	9.03
		13.1	0.54	9.03
14.33	14.3	15.2	0.28	6.29
		13.4	0.14	6.29
		13.5	0.63	5.59
		15.1	0.35	5.59
		15.6	0.42	9.09
		13.00	0.14	9.09
14.64	14.6	15.6	0.00	6.85
		13.6	0.20	6.85
		13.5	0.55	7.53
		13.7	0.07	6.16
		15.4	0.34	5.48
		15.8	0.07	8.22

Pada data tabel diatas dapat dijelaskan menggunakan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 22. Prosentase nilai error resistansi generator 600VA dengan metode bridge.



Gambar 4. 23. Prosentase nilai error resistansi generator 600VA dengan ohm meter.

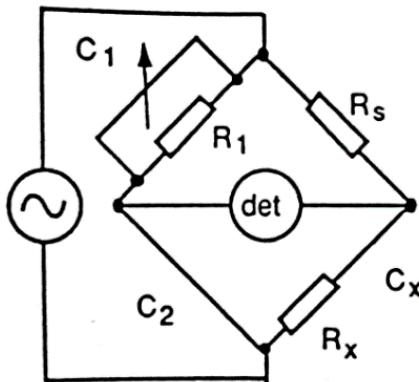
Dari grafik diatas dapat diamati bahwa dengan menggunakan metode bridge maka prosentase error pada pengujian nilai resistansi dapat direduksi dengan baik. Dengan nilai dibawah 0.5% menunjukkan bahwa dengan metode bridge pengukuran resistansi semakin akurat.

Untuk analisa perhitungan pada pengujian resistansi berdasarkan rumus (2) pada Bab II tinjauan pustaka.

4.3. Analisa Pengujian Kapasitansi.

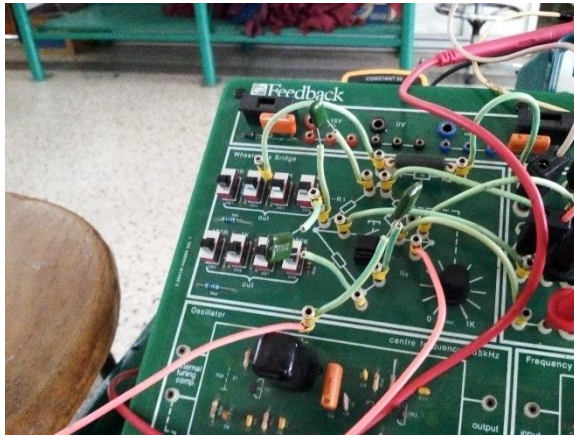
4.3.1. Pengujian kapasitansi motor induksi 1 phase dengan rangkaian shcering bridge.

Pengujian nilai kapasitansi dengan menggunakan rangkaian shcering bridge bertujuan agar mendapatkan hasil yang lebih baik dari proses pengukuran manula menggunakan alat ukur kapasitansi. Selain itu untuk menguji proses pengukuran nilai kapasitansi tanpa menggunakan alat ukur kapasitor meter disubtitusikan menggunakan rangkaian shcering bridge.



Gambar 4. 24. Rangkaian shcering bridge.

Pada pengujian kali ini akan dilakukan pengujian nilai kapasitansi pada motor induksi 1 phase yang ada pada laboratorium listrik perkapalan.



Gambar 4. 25. Rangkaian pengujian schering bridge di laboratorium listrik kapal.

Tabel 4. 12. Hasil Pengujian nilai kapasitansi motor induksi 1 phase.

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
D1 – D3	1:10	100	1000	0.3721	3.721
		100	1000	0.3685	3.685
		100	1000	0.3717	3.717

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	0.3752	3.752
		100	1000	0.3691	3.691
		100	1000	0.3725	3.725
		1000	10000	0.3612	3.612
		1000	10000	0.3631	3.631
		1000	10000	0.3599	3.599
		1000	10000	0.3606	3.606
		1000	10000	0.3595	3.595
		1000	10000	0.3636	3.636
		10000	100000	0.3792	3.792
		10000	100000	0.3812	3.812
		10000	100000	0.3803	3.803
		10000	100000	0.3798	3.798
		10000	100000	0.3808	3.808
		10000	100000	0.3789	3.789
D2 – D4	1:10	100	1000	0.2102	2.102
		100	1000	0.2117	2.117
		100	1000	0.2113	2.113
		100	1000	0.2095	2.095
		100	1000	0.2098	2.098
		100	1000	0.2095	2.095

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		1000	10000	0.2311	2.311
		1000	10000	0.2305	2.305
		1000	10000	0.2297	2.297
		1000	10000	0.2301	2.301
		1000	10000	0.2308	2.308
		1000	10000	0.2289	2.289
		10000	100000	0.2205	2.205
		10000	100000	0.2211	2.211
		10000	100000	0.2199	2.199
		10000	100000	0.2203	2.203
		10000	100000	0.2194	2.194
		10000	100000	0.2209	2.209

Lanjutan Tabel 4. 13. Hasil Pengujian nilai kapasitansi motor induksi 1 phase.

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	15.05	3.715	3.7	3.9
0.022	0.056	15.20			3.8
0.022	0.056	15.07			3.6
0.022	0.056	14.93			3.6
0.022	0.056	15.17			3.8
0.022	0.056	15.03			3.5
0.022	0.056	15.50	3.613	3.6	3.5
0.022	0.056	15.42			3.8
0.022	0.056	15.56			3.7
0.022	0.056	15.53			3.5
0.022	0.056	15.58			3.4
0.022	0.056	15.40			3.7
0.022	0.056	14.77	3.800	3.8	3.9
0.022	0.056	14.69			3.6
0.022	0.056	14.73			3.7
0.022	0.056	14.74			4.0
0.022	0.056	14.71			4.0
0.022	0.056	14.78			3.6
0.022	0.056	26.64	2.103	2.1	2.3
0.022	0.056	26.45			2.2
0.022	0.056	26.50			1.9

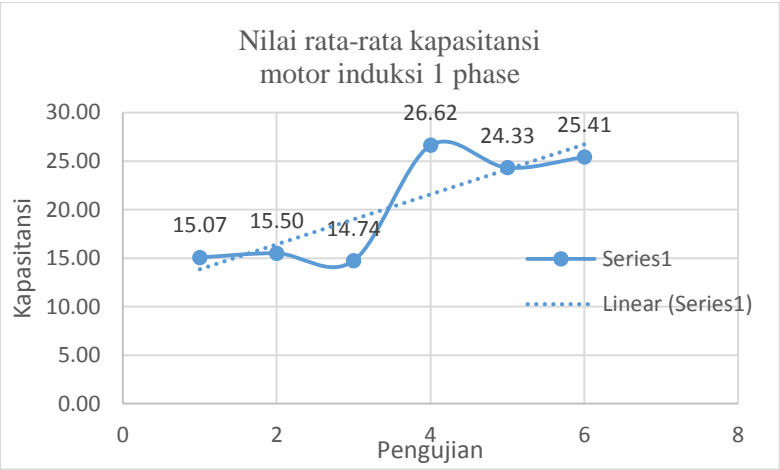
CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	26.73			2.2
0.022	0.056	26.69			2.0
0.022	0.056	26.73			2.0
0.022	0.056	24.23	2.302	2.3	2.2
0.022	0.056	24.30			2.0
0.022	0.056	24.38			2.1
0.022	0.056	24.34			2.4
0.022	0.056	24.26			2.6
0.022	0.056	24.46			2.5
0.022	0.056	25.40	2.204	2.2	2.3
0.022	0.056	25.33			2.0
0.022	0.056	25.47			2.1
0.022	0.056	25.42			2.3
0.022	0.056	25.52			2.1
0.022	0.056	25.35			2.4

Lanjutan Tabel 4. 14. Hasil Pengujian nilai kapasitansi motor induksi 1 phase.

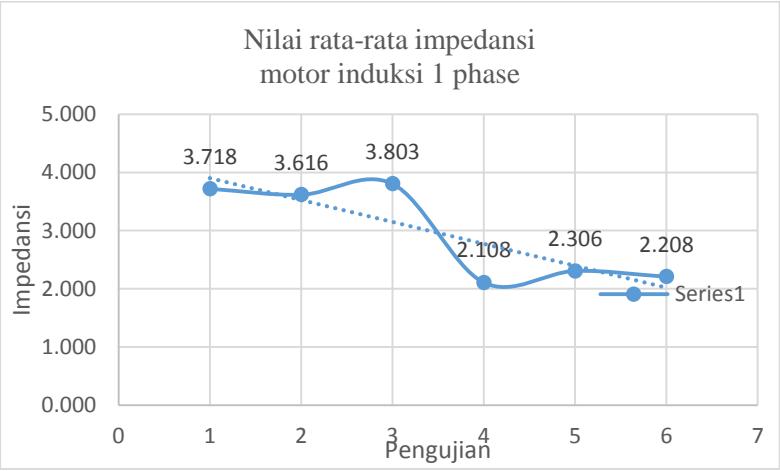
Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z_x) (Ω)
0.16	5.41	3.723
0.81	2.70	3.687
0.05	2.70	3.719
0.99	2.70	3.754
0.65	2.70	3.693
0.26	5.41	3.727
0.03	2.78	3.614
0.49	5.56	3.633
0.39	2.78	3.601
0.20	2.78	3.608
0.50	5.56	3.597
0.63	2.78	3.638
0.22	2.63	3.794
0.31	5.26	3.814
0.07	2.63	3.805
0.06	5.26	3.800
0.20	5.26	3.810
0.30	5.26	3.791

Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zx) (Ω)
0.06	9.52	2.106
0.65	4.76	2.121
0.46	9.52	2.117
0.40	4.76	2.099
0.25	4.76	2.102
0.40	4.76	2.099
0.40	4.35	2.315
0.14	13.04	2.309
0.21	8.70	2.301
0.04	4.35	2.305
0.27	13.04	2.312
0.56	8.70	2.293
0.07	4.55	2.209
0.34	9.09	2.215
0.20	4.55	2.203
0.02	4.55	2.207
0.43	4.55	2.198
0.25	9.09	2.213

Dari data hasil pengujian dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 26. Grafik Nilai kapasitansi pada motor induksi 1 phase.



Gambar 4. 27. Grafik Nilai Impedansi pada motor induksi 1 phase.

Pada grafik diatas terdapat nilai impedansi yang merupakan nilai total resistansi pada salah satu lengan bridge yang terdapa resistor dan kapasitor.

4.3.2. Pengujian kapasitansi transformator dengan rangkaian shcering bridge.

Pada pengujian berikutnya adalah sebuah transformator step-up yang ada di laboratorium listrik dan otomasi sistem perkapalan yang digunakan sebagai objek pengujian.

Tabel 4. 15. Hasil Pengujian nilai kapasitansi pada transformator

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _{x..?} (Ω)
PRIMER	1:10	100	1000	0.0711	0.711
		100	1000	0.0701	0.701
		100	1000	0.0704	0.704
		100	1000	0.0699	0.699
		100	1000	0.0705	0.705
		100	1000	0.0707	0.707
		1000	10000	0.0905	0.905
		1000	10000	0.0911	0.911
		1000	10000	0.0907	0.907
		1000	10000	0.0898	0.898

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		1000	10000	0.0909	0.909
		1000	10000	0.0901	0.901
		10000	100000	0.0806	0.806
		10000	100000	0.0811	0.811
		10000	100000	0.0797	0.797
		10000	100000	0.0804	0.804
		10000	100000	0.0799	0.799
		10000	100000	0.0803	0.803
SEKUNDER	1:10	100	1000	0.2414	2.414
		100	1000	0.2405	2.405
		100	1000	0.2399	2.399
		100	1000	0.2407	2.407
		100	1000	0.2397	2.397
		100	1000	0.2408	2.408
		1000	10000	0.2311	2.311
		1000	10000	0.2305	2.305
		1000	10000	0.2297	2.297
		1000	10000	0.2301	2.301
		1000	10000	0.2308	2.308
		1000	10000	0.2289	2.289
		10000	100000	0.2501	2.501

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _x ..? (Ω)
		10000	100000	0.2495	2.495
		10000	100000	0.2505	2.505
		10000	100000	0.2509	2.509
		10000	100000	0.2511	2.511
		10000	100000	0.2515	2.515

Lanjutan. Tabel 4.16. Hasil Pengujian nilai kapasitansi pada transformator

CI (μ F)	C2 (μ F)	Cx (μ F)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	78.76	0.705	0.7	0.8
0.022	0.056	79.89			0.5
0.022	0.056	79.55			0.6
0.022	0.056	80.11			0.8
0.022	0.056	79.43			0.9
0.022	0.056	79.21			0.6

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	61.88	0.905	0.9	0.7
0.022	0.056	61.47			1.1
0.022	0.056	61.74			0.8
0.022	0.056	62.36			0.7
0.022	0.056	61.61			1.1
0.022	0.056	62.15			1.0
0.022	0.056	69.48	0.803	0.8	0.7
0.022	0.056	69.05			0.6
0.022	0.056	70.26			0.9
0.022	0.056	69.65			0.7
0.022	0.056	70.09			1.0
0.022	0.056	69.74			0.9
0.022	0.056	23.20	2.405	2.4	2.2
0.022	0.056	23.28			2.3
0.022	0.056	23.34			2.1
0.022	0.056	23.27			2.6
0.022	0.056	23.36			2.7
0.022	0.056	23.26			2.5
0.022	0.056	24.23	2.302	2.3	2.1
0.022	0.056	24.30			2.2
0.022	0.056	24.38			2.5

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	24.34			2.1
0.022	0.056	24.26			2.4
0.022	0.056	24.46			2.5
0.022	0.056	22.39	2.506	2.5	2.3
0.022	0.056	22.44			2.6
0.022	0.056	22.36			2.7
0.022	0.056	22.32			2.4
0.022	0.056	22.30			2.4
0.022	0.056	22.27			2.6

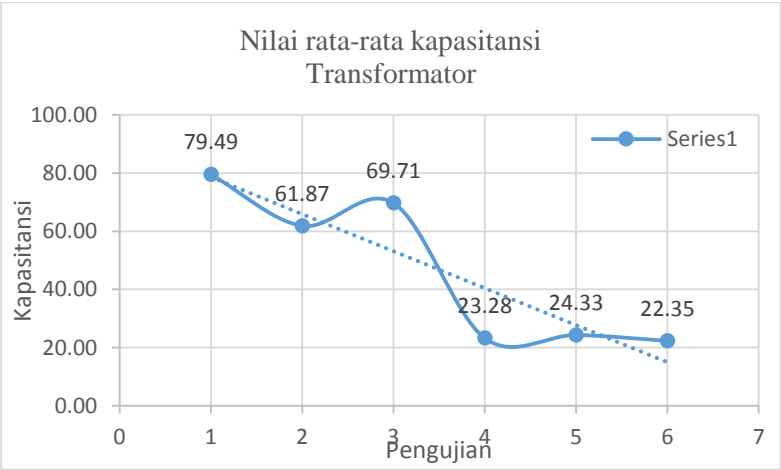
Lanjutan Tabel 4.17. Hasil Pengujian nilai kapasitansi pada transformator

Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z_x) (Ω)
0.92	14.29	0.724
0.50	28.57	0.714
0.07	14.29	0.717

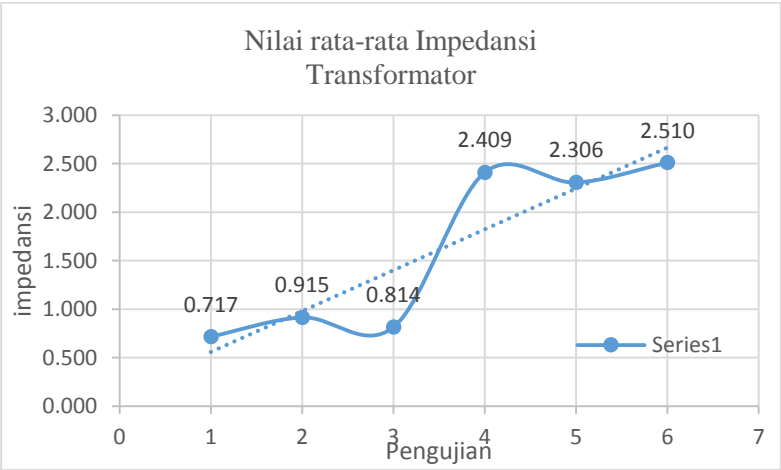
Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z_x) (Ω)
0.78	14.29	0.712
0.07	28.57	0.718
0.35	14.29	0.720
0.02	22.22	0.915
0.64	22.22	0.921
0.20	11.11	0.917
0.79	22.22	0.908
0.42	22.22	0.919
0.46	11.11	0.911
0.33	12.50	0.817
0.95	25.00	0.822
0.79	12.50	0.808
0.08	12.50	0.815
0.54	25.00	0.810
0.04	12.50	0.814
0.37	8.33	2.418
0.00	4.17	2.409
0.25	12.50	2.403
0.08	8.33	2.411
0.33	12.50	2.401
0.12	4.17	2.412
0.40	8.70	2.315

Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z_x) (Ω)
0.14	4.35	2.309
0.21	8.70	2.301
0.04	8.70	2.305
0.27	4.35	2.312
0.56	8.70	2.293
0.20	8.00	2.505
0.44	4.00	2.499
0.04	8.00	2.509
0.12	4.00	2.513
0.20	4.00	2.515
0.36	4.00	2.519

Dari data tabel pengujian dapat dijelaskan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 28. Grafik Pengujian nilai kapasitansi transformator step-up



Gambar 4. 29. Grafik impedansi pada transformator

4.3.3. Pengujian kapasitansi motor asinkron dengan rangkaian shcering bridge.

Pada pengujian berikutnya sebagai objeng pengujian adalah sebuah motor asinkron 3 phase. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 18. Hasil Pengujian kapasitansi motor asinkron 3 phase

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
R (U1-U2)	1:10	100	1000	0.2098	2.098
		100	1000	0.2101	2.101
		100	1000	0.2103	2.103
		100	1000	0.2095	2.095
		100	1000	0.2107	2.107
		100	1000	0.2110	2.110
		1000	10000	0.1904	1.904
		1000	10000	0.1896	1.896
		1000	10000	0.1911	1.911
		1000	10000	0.1907	1.907
		1000	10000	0.1912	1.912
		1000	10000	0.1902	1.902
		10000	100000	0.2001	2.001
		10000	100000	0.2011	2.011

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		10000	100000	0.2012	2.012
		10000	100000	0.1998	1.998
		10000	100000	0.2007	2.007
		10000	100000	0.2003	2.003
S (V1-V2)	1:10	100	1000	0.1902	1.902
		100	1000	0.1895	1.895
		100	1000	0.1908	1.908
		100	1000	0.1904	1.904
		100	1000	0.1914	1.914
		100	1000	0.1905	1.905
		1000	10000	0.2107	2.107
		1000	10000	0.2102	2.102
		1000	10000	0.2105	2.105
		1000	10000	0.2097	2.097
		1000	10000	0.2093	2.093
		1000	10000	0.2101	2.101
		10000	100000	0.2003	2.003
		10000	100000	0.2014	2.014
		10000	100000	0.2011	2.011
		10000	100000	0.1999	1.999
		10000	100000	0.2004	2.004

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		10000	100000	0.2001	2.001
T (W1- W2)	1:10	100	1000	0.2104	2.104
		100	1000	0.2106	2.106
		100	1000	0.2101	2.101
		100	1000	0.2099	2.099
		100	1000	0.2097	2.097
		100	1000	0.2105	2.105
		1000	10000	0.1904	1.904
		1000	10000	0.1897	1.897
		1000	10000	0.1903	1.903
		1000	10000	0.1908	1.908
		1000	10000	0.1916	1.916
		1000	10000	0.1909	1.909
		10000	100000	0.2007	2.007
		10000	100000	0.2012	2.012
		10000	100000	0.2015	2.015
		10000	100000	0.1998	1.998
		10000	100000	0.2002	2.002
		10000	100000	0.2003	2.003

Lanjutan Tabel 4. 19. Hasil Pengujian kapasitansi motor asinkron
3 phase

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	26.69	2.102	2.1	2.2
0.022	0.056	26.65			1.9
0.022	0.056	26.63			1.8
0.022	0.056	26.73			2.3
0.022	0.056	26.58			2.4
0.022	0.056	26.54			2.2
0.022	0.056	29.41	1.905	1.9	1.8
0.022	0.056	29.54			2.2
0.022	0.056	29.30			2.1
0.022	0.056	29.37			1.8
0.022	0.056	29.29			1.7
0.022	0.056	29.44			1.7
0.022	0.056	27.99	2.005	2.0	2.2
0.022	0.056	27.85			2.1
0.022	0.056	27.83			1.8
0.022	0.056	28.03			2.1
0.022	0.056	27.90			1.9
0.022	0.056	27.96			1.9
0.022	0.056	29.44	1.905	1.9	2.2

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	29.55			1.8
0.022	0.056	29.35			2.0
0.022	0.056	29.41			2.1
0.022	0.056	29.26			1.6
0.022	0.056	29.40			1.7
0.022	0.056	26.58	2.101	2.1	2.2
0.022	0.056	26.64			1.9
0.022	0.056	26.60			2.0
0.022	0.056	26.70			1.8
0.022	0.056	26.76			2.3
0.022	0.056	26.65			2.4
0.022	0.056	27.96	2.005	2.0	1.8
0.022	0.056	27.81			2.3
0.022	0.056	27.85			2.2
0.022	0.056	28.01			2.1
0.022	0.056	27.94			1.8
0.022	0.056	27.99			1.9
0.022	0.056	26.62	2.102	2.1	1.9
0.022	0.056	26.59			2.0
0.022	0.056	26.65			2.3
0.022	0.056	26.68			1.8
0.022	0.056	26.70			2.2

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	26.60			2.4
0.022	0.056	29.41	1.906	1.9	2.0
0.022	0.056	29.52			2.2
0.022	0.056	29.43			1.8
0.022	0.056	29.35			2.1
0.022	0.056	29.23			1.6
0.022	0.056	29.33			1.7
0.022	0.056	27.90	2.006	2.0	1.9
0.022	0.056	27.83			2.3
0.022	0.056	27.79			2.1
0.022	0.056	28.03			1.8
0.022	0.056	27.97			1.7
0.022	0.056	27.96			2.2

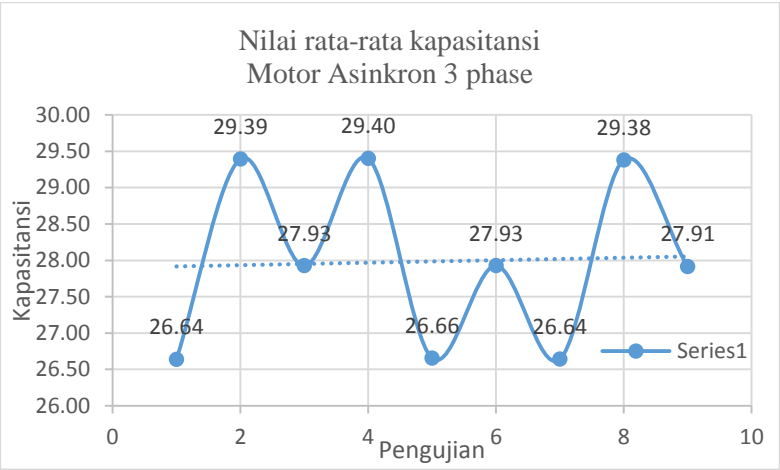
Lanjutan Tabel 4. 20. Hasil Pengujian kapasitansi motor asinkron
3 phase

Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zx) (Ω)
0.21	3.13	2.102
0.06	10.94	2.105
0.03	15.63	2.107
0.35	7.81	2.099
0.22	12.50	2.111
0.36	3.13	2.114
0.07	4.42	1.909
0.49	16.81	1.901
0.30	11.50	1.916
0.09	4.42	1.912
0.35	9.73	1.917
0.17	9.73	1.907
0.22	10.00	2.005
0.28	5.00	2.015
0.33	10.00	2.016
0.37	5.00	2.002
0.08	5.00	2.011
0.12	5.00	2.007
0.14	15.79	1.907

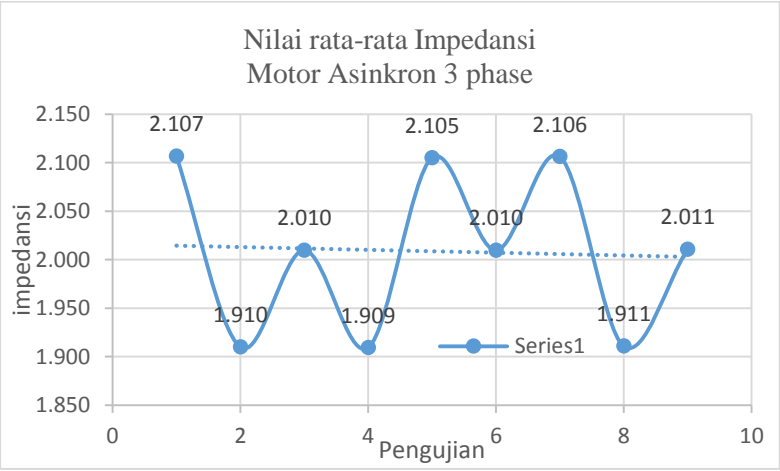
Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z_x) (Ω)
0.51	5.26	1.900
0.18	5.26	1.913
0.04	10.53	1.909
0.49	15.79	1.919
0.02	10.53	1.910
0.29	4.76	2.111
0.06	9.52	2.106
0.20	4.76	2.109
0.18	14.29	2.101
0.37	9.52	2.097
0.01	14.29	2.105
0.12	10.74	2.007
0.43	14.05	2.018
0.28	9.09	2.015
0.32	4.13	2.003
0.07	10.74	2.008
0.22	5.79	2.005
0.10	9.52	2.108
0.19	4.76	2.110
0.05	9.52	2.105
0.14	14.29	2.103
0.24	4.76	2.101

Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z_x) (Ω)
0.14	14.29	2.109
0.11	5.26	1.909
0.48	15.79	1.902
0.17	5.26	1.908
0.10	10.53	1.913
0.52	15.79	1.921
0.15	10.53	1.914
0.04	5.00	2.011
0.29	15.00	2.016
0.44	5.00	2.019
0.41	10.00	2.002
0.21	15.00	2.006
0.16	10.00	2.007

Dari data tabel diatas maka dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 30. Grafik pengujian kapasitansi pada motor asinkron 3 phase.



Gambar 4. 31. Grafik nilai impedansi pada motor asinkron 3 phase.

4.3.4. Pengujian kapasitansi generator 600VA dengan rangkaian shcering bridge.

Pada pengujian selanjutnya menggunakan objek berupa generator yang memiliki spesifikasi daya output sebesar 600 VA.

Tabel 4. 21. Hasil Pengujian Kapasitansi Generator 600 VA.

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
P-N	1:10	100	1000	10.35	103.500
		100	1000	10.29	102.900
		100	1000	10.25	102.500
		100	1000	10.39	103.900
		100	1000	10.44	104.400
		100	1000	10.37	103.700
		1000	10000	10.45	104.500
		1000	10000	10.42	104.200
		1000	10000	10.54	105.400
		1000	10000	10.57	105.700
		1000	10000	10.45	104.500
		1000	10000	10.48	104.800
		10000	100000	10.24	102.400
		10000	100000	10.18	101.800

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		10000	100000	10.22	102.200
		10000	100000	10.16	101.600
		10000	100000	10.32	103.200
		10000	100000	10.28	102.800
U-X	1:10	100	1000	1.462	14.620
		100	1000	1.469	14.690
		100	1000	1.459	14.590
		100	1000	1.461	14.610
		100	1000	1.467	14.670
		100	1000	1.469	14.690
		1000	10000	1.435	14.350
		1000	10000	1.438	14.380
		1000	10000	1.428	14.280
		1000	10000	1.425	14.250
		1000	10000	1.436	14.360
		1000	10000	1.432	14.320
		10000	100000	1.447	14.470
		10000	100000	1.442	14.420
		10000	100000	1.437	14.370
		10000	100000	1.445	14.450
		10000	100000	1.441	14.410

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		10000	100000	1.439	14.390
V-Y	1:10	100	1000	1.434	14.340
		100	1000	1.433	14.330
		100	1000	1.422	14.220
		100	1000	1.427	14.270
		100	1000	1.439	14.390
		100	1000	1.435	14.350
		1000	10000	1.445	14.450
		1000	10000	1.444	14.440
		1000	10000	1.433	14.330
		1000	10000	1.448	14.480
		1000	10000	1.447	14.470
		1000	10000	1.436	14.360
		10000	100000	1.462	14.620
		10000	100000	1.469	14.690
		10000	100000	1.459	14.590
		10000	100000	1.461	14.610
		10000	100000	1.467	14.670
		10000	100000	1.469	14.690
W-Z	1:10	100	1000	1.443	14.430
		100	1000	1.447	14.470

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	1.436	14.360
		100	1000	1.444	14.440
		100	1000	1.442	14.420
		100	1000	1.433	14.330
		1000	10000	1.437	14.370
		1000	10000	1.435	14.350
		1000	10000	1.424	14.240
		1000	10000	1.428	14.280
		1000	10000	1.439	14.390
		1000	10000	1.435	14.350
		10000	100000	1.464	14.640
		10000	100000	1.467	14.670
		10000	100000	1.456	14.560
		10000	100000	1.463	14.630
		10000	100000	1.469	14.690
		10000	100000	1.465	14.650

Lanjutan Tabel 4. 22. Hasil Pengujian Kapasitansi Generator 600 VA.

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	0.54	103.5	103.2	105.5
0.022	0.056	0.54			104.4
0.022	0.056	0.55			100.9
0.022	0.056	0.54			106.4
0.022	0.056	0.54			102.0
0.022	0.056	0.54			100.1
0.022	0.056	0.54	104.9	104.5	106.7
0.022	0.056	0.54			103.3
0.022	0.056	0.53			102.5
0.022	0.056	0.53			107.6
0.022	0.056	0.54			105.8
0.022	0.056	0.53			101.4
0.022	0.056	0.55	102.3	102.7	104.8
0.022	0.056	0.55			103.8
0.022	0.056	0.55			100.3
0.022	0.056	0.55			105.9
0.022	0.056	0.54			101.4
0.022	0.056	0.54			99.8
0.022	0.056	3.83	14.65	14.6	15.8

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	3.81			12.4
0.022	0.056	3.84			13.9
0.022	0.056	3.83			12.3
0.022	0.056	3.82			16.8
0.022	0.056	3.81			16.4
0.022	0.056	3.90	14.32	14.3	13.5
0.022	0.056	3.89			11.1
0.022	0.056	3.92			15.6
0.022	0.056	3.93			16.0
0.022	0.056	3.90			17.5
0.022	0.056	3.91			12.1
0.022	0.056	3.87	14.42	14.4	16.2
0.022	0.056	3.88			11.6
0.022	0.056	3.90			12.5
0.022	0.056	3.88			13.3
0.022	0.056	3.89			17.7
0.022	0.056	3.89			15.1
0.022	0.056	3.91	14.32	14.3	16.2
0.022	0.056	3.91			11.4
0.022	0.056	3.94			12.5
0.022	0.056	3.92			15.1
0.022	0.056	3.89			17.6

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	3.90			13.00
0.022	0.056	3.88	14.42	14.4	15.2
0.022	0.056	3.88			12.6
0.022	0.056	3.91			16.5
0.022	0.056	3.87			12.3
0.022	0.056	3.87			15.7
0.022	0.056	3.90			14.1
0.022	0.056	3.83	14.645	14.6	15.6
0.022	0.056	3.81			12.6
0.022	0.056	3.84			13.5
0.022	0.056	3.83			12.7
0.022	0.056	3.82			16.4
0.022	0.056	3.81			16.8
0.022	0.056	3.88	14.41	14.4	16.2
0.022	0.056	3.87			12.6
0.022	0.056	3.90			15.5
0.022	0.056	3.88			13.3
0.022	0.056	3.88			15.7
0.022	0.056	3.91			13.1
0.022	0.056	3.90	14.33	14.3	15.2
0.022	0.056	3.90			13.4
0.022	0.056	3.93			13.5
0.022	0.056	3.92			15.1

CI (μF)	C2 (μF)	Cx (μF)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)	Hasil Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.056	3.89			15.6
0.022	0.056	3.90			13.00
0.022	0.056	3.83	14.64	14.6	15.6
0.022	0.056	3.82			13.6
0.022	0.056	3.85			13.5
0.022	0.056	3.83			13.7
0.022	0.056	3.81			15.4
0.022	0.056	3.82			15.8

Lanjutan Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Kapasitansi Generator 600 VA.

Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zx) (Ω)
0.02	2.21	103.5
0.56	1.15	102.9
0.95	2.24	102.5
0.40	3.08	103.9

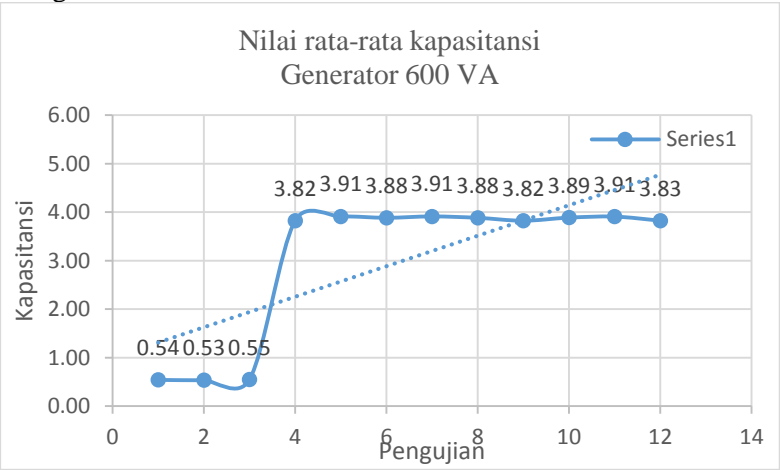
Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z _x) (Ω)
0.89	1.18	104.4
0.21	3.02	103.7
0.33	2.06	104.5
0.62	1.19	104.2
0.52	1.96	105.4
0.81	2.90	105.7
0.33	1.20	104.5
0.05	3.01	104.8
0.07	2.08	102.4
0.52	1.11	101.8
0.13	2.30	102.2
0.72	3.15	101.6
0.85	1.23	103.2
0.46	2.80	102.8
0.17	8.22	14.62
0.31	15.07	14.69
0.38	4.79	14.59
0.24	15.75	14.61
0.17	15.07	14.67
0.31	12.33	14.69
0.19	5.59	14.35
0.40	22.38	14.38

Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z _x) (Ω)
0.30	9.09	14.28
0.51	11.89	14.25
0.26	22.38	14.36
0.02	476.19	14.32
0.36	12.50	14.47
0.01	19.44	14.42
0.34	13.19	14.37
0.22	7.64	14.45
0.06	22.92	14.41
0.20	4.86	14.39
0.16	13.29	14.34
0.09	20.28	14.33
0.68	12.59	14.22
0.33	5.59	14.27
0.51	23.08	14.39
0.23	9.09	14.35
0.20	5.56	14.45
0.13	12.50	14.44
0.64	14.58	14.33
0.40	14.58	14.48
0.34	9.03	14.47
0.43	2.08	14.36

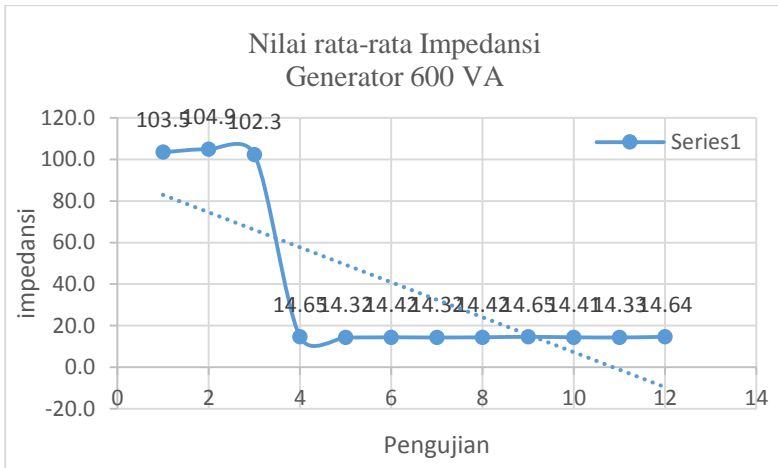
Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Z _x) (Ω)
0.17	6.85	14.62
0.31	13.70	14.69
0.38	7.53	14.59
0.24	13.01	14.61
0.17	12.33	14.67
0.31	15.07	14.69
0.15	12.50	14.43
0.43	12.50	14.47
0.34	7.64	14.36
0.22	7.64	14.44
0.08	9.03	14.42
0.54	9.03	14.33
0.28	6.29	14.37
0.14	6.29	14.35
0.63	5.59	14.24
0.35	5.59	14.28
0.42	9.09	14.39
0.14	9.09	14.35
0.00	6.85	14.64
0.20	6.85	14.67
0.55	7.53	14.56
0.07	6.16	14.63
0.34	5.48	14.69

Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidaktepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zx) (Ω)
0.07	8.22	14.65

Dari data hasil pengujian diatas dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 32. Grafik nilai kapasitansi generator 600 VA



Gambar 4. 33. Grafik nilai impedansi pada generator 600 VA.

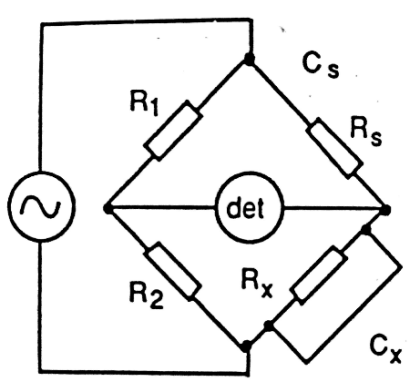
Dari grafik diatas dapat diamati bahwa nilai kapasitansi dan impedansi generator 600 VA memiliki karakteristik pada setiap kumparannya.

Analisa perhitungan pengujian kapasitansi berdasarkan pada Bab II rumus (9) pada tinjauan pustaka.

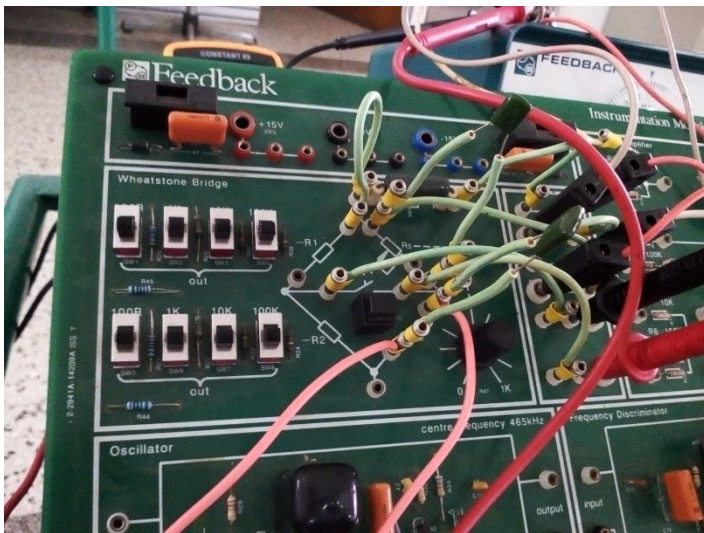
4.4. Analisa Pengujian Frekuensi.

4.4.1. Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase menggunakan rangkaian wien bridge.

Pada pengujian ini sebuah tipe rangkaian bridge digunakan untuk melakukan proses pengujian pada peralatan listrik. Dimana variabel yang diuji adalah nilai dari sebuah frekuensi tegangan yang mensuplai peralatan listrik.



Gambar 4. 34. Rangkaian wien bridge.



Gambar 4. 35. Rangkaian pengujian wien bridge di laboratorium listrik kapal.

Tabel 4. 24. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
D1 – D3	1:10	100	1000	0.3721	3.721
		100	1000	0.3685	3.685
		100	1000	0.3717	3.717
		100	1000	0.3752	3.752
		100	1000	0.3691	3.691
		100	1000	0.3725	3.725
		1000	10000	0.3612	3.612
		1000	10000	0.3631	3.631
		1000	10000	0.3599	3.599
		1000	10000	0.3606	3.606
		1000	10000	0.3595	3.595
		1000	10000	0.3636	3.636
		10000	100000	0.3792	3.792
		10000	100000	0.3812	3.812
		10000	100000	0.3803	3.803
		10000	100000	0.3798	3.798
		10000	100000	0.3808	3.808
		10000	100000	0.3789	3.789
D2 – D4	1:10	100	1000	0.2102	2.102

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	0.2117	2.117
		100	1000	0.2113	2.113
		100	1000	0.2095	2.095
		100	1000	0.2098	2.098
		100	1000	0.2095	2.095
		1000	10000	0.2311	2.311
		1000	10000	0.2305	2.305
		1000	10000	0.2297	2.297
		1000	10000	0.2301	2.301
		1000	10000	0.2308	2.308
		1000	10000	0.2289	2.289
		10000	100000	0.2205	2.205
		10000	100000	0.2211	2.211
		10000	100000	0.2199	2.199
		10000	100000	0.2203	2.203
		10000	100000	0.2194	2.194
		10000	100000	0.2209	2.209

Lanjutan Tabel 4. 25. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00022	58.36	3.715	3.7
0.022	0.00022	58.93		
0.022	0.00022	58.42		
0.022	0.00022	57.87		
0.022	0.00022	58.83		
0.022	0.00022	58.29		
0.022	0.00022	60.12	3.613	3.6
0.022	0.00022	59.80		
0.022	0.00022	60.33		
0.022	0.00022	60.22		
0.022	0.00022	60.40		
0.022	0.00022	59.72		
0.022	0.00022	57.26	3.800	3.8
0.022	0.00022	56.96		
0.022	0.00022	57.10		
0.022	0.00022	57.17		
0.022	0.00022	57.02		
0.022	0.00022	57.31		

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00044	68.87	2.103	2.1
0.022	0.00044	68.38		
0.022	0.00044	68.51		
0.022	0.00044	69.10		
0.022	0.00044	69.00		
0.022	0.00044	69.10		
0.022	0.00044	62.64	2.302	2.3
0.022	0.00044	62.80		
0.022	0.00044	63.02		
0.022	0.00044	62.91		
0.022	0.00044	62.72		
0.022	0.00044	63.24		
0.022	0.00044	65.65	2.204	2.2
0.022	0.00044	65.47		
0.022	0.00044	65.83		
0.022	0.00044	65.71		
0.022	0.00044	65.98		
0.022	0.00044	65.53		

Lanjutan Tabel 4. 26. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00022	58.36	3.715	3.7
0.022	0.00022	58.93		
0.022	0.00022	58.42		
0.022	0.00022	57.87		
0.022	0.00022	58.83		
0.022	0.00022	58.29		
0.022	0.00022	60.12	3.613	3.6
0.022	0.00022	59.80		
0.022	0.00022	60.33		
0.022	0.00022	60.22		
0.022	0.00022	60.40		
0.022	0.00022	59.72		
0.022	0.00022	57.26	3.800	3.8
0.022	0.00022	56.96		
0.022	0.00022	57.10		
0.022	0.00022	57.17		
0.022	0.00022	57.02		
0.022	0.00022	57.31		

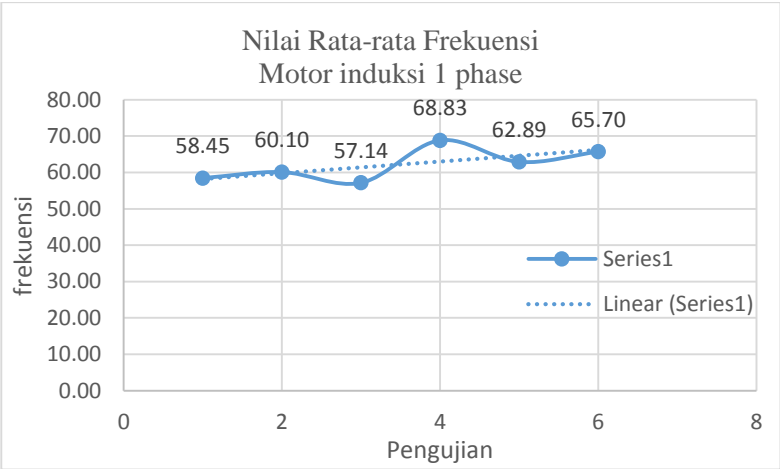
Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00044	68.87	2.103	2.1
0.022	0.00044	68.38		
0.022	0.00044	68.51		
0.022	0.00044	69.10		
0.022	0.00044	69.00		
0.022	0.00044	69.10		
0.022	0.00044	62.64	2.302	2.3
0.022	0.00044	62.80		
0.022	0.00044	63.02		
0.022	0.00044	62.91		
0.022	0.00044	62.72		
0.022	0.00044	63.24		
0.022	0.00044	65.65	2.204	2.2
0.022	0.00044	65.47		
0.022	0.00044	65.83		
0.022	0.00044	65.71		
0.022	0.00044	65.98		
0.022	0.00044	65.53		

Lanjutan Tabel 4. 27. Hasil Pengujian frekuensi motor induksi 1 phase.

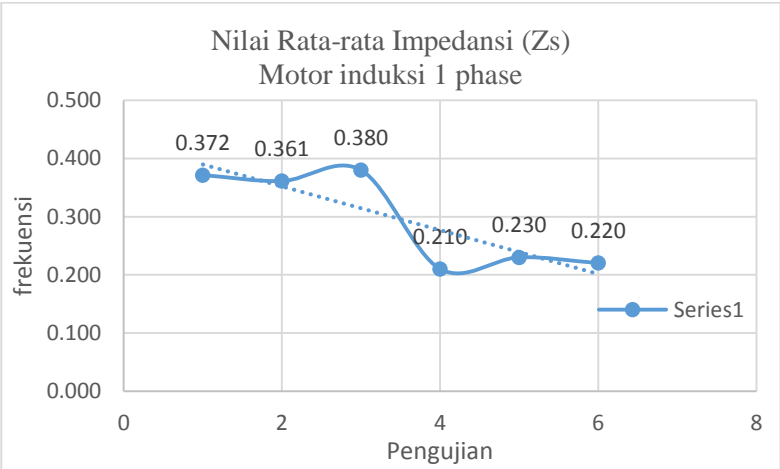
Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
3.9	0.16	5.41	0.372	3.721
3.8	0.81	2.70	0.369	3.685
3.6	0.05	2.70	0.372	3.717
3.6	0.99	2.70	0.375	3.752
3.8	0.65	2.70	0.369	3.691
3.5	0.26	5.41	0.373	3.725
3.5	0.03	2.78	0.361	3.612
3.8	0.49	5.56	0.363	3.631
3.7	0.39	2.78	0.360	3.599
3.5	0.20	2.78	0.361	3.606
3.4	0.50	5.56	0.360	3.595
3.7	0.63	2.78	0.364	3.636
3.9	0.22	2.63	0.379	3.792
3.6	0.31	5.26	0.381	3.812
3.7	0.07	2.63	0.380	3.803
4.0	0.06	5.26	0.380	3.798
4.0	0.20	5.26	0.381	3.808
3.6	0.30	5.26	0.379	3.789
2.3	0.06	9.52	0.210	2.102

Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
2.2	0.65	4.76	0.212	2.117
1.9	0.46	9.52	0.211	2.113
2.2	0.40	4.76	0.210	2.095
2.0	0.25	4.76	0.210	2.098
2.0	0.40	4.76	0.210	2.095
2.2	0.40	4.35	0.231	2.311
2.0	0.14	13.04	0.231	2.305
2.1	0.21	8.70	0.230	2.297
2.4	0.04	4.35	0.230	2.301
2.6	0.27	13.04	0.231	2.308
2.5	0.56	8.70	0.229	2.289
2.3	0.07	4.55	0.221	2.205
2.0	0.34	9.09	0.221	2.211
2.1	0.20	4.55	0.220	2.199
2.3	0.02	4.55	0.220	2.203
2.1	0.43	4.55	0.219	2.194
2.4	0.25	9.09	0.221	2.209

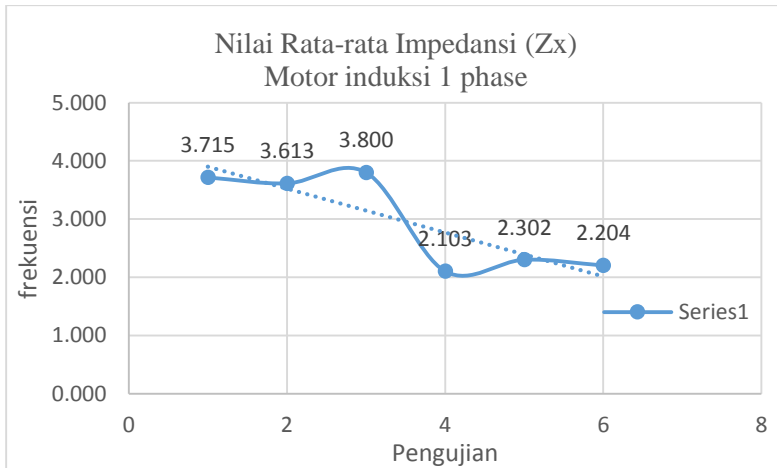
Dari tabel pengujian diatas dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 36. Grafik nilai frekuensi pada motor induksi 1 phase.



Gambar 4. 37. Grafik nilai impedansi lengan Z_s .



Gambar 4. 38. Grafik impedansi lengan Z_x .

Dari grafik diatas menjelaskan dengan nilai lengan impedansi Z_c dan Z_x pada rangkaian bridge merupakan total nilai hambatan pada lengan bridge tersebut. Serta nilai frekuensi yang stabil dapat dilihat pada gambar 4.36 diatas.

4.4.2. Pengujian frekuensi transformator menggunakan rangkaian wien bridge.

Pada pengujian selanjutnya nilai frekuensi dan impedansi pada transformator akan diuji dengan rangkaian bridge dengan hasil seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 28. Hasil Pengujian Nilai Frekuensi pada transformator

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
PRIMER	1:10	100	1000	0.0711	0.711
		100	1000	0.0701	0.701
		100	1000	0.0704	0.704
		100	1000	0.0699	0.699
		100	1000	0.0705	0.705
		100	1000	0.0707	0.707
		1000	10000	0.0905	0.905
		1000	10000	0.0911	0.911
		1000	10000	0.0907	0.907
		1000	10000	0.0898	0.898
		1000	10000	0.0909	0.909
		1000	10000	0.0901	0.901
		10000	100000	0.0806	0.806
		10000	100000	0.0811	0.811
		10000	100000	0.0797	0.797
		10000	100000	0.0804	0.804
		10000	100000	0.0799	0.799
		10000	100000	0.0803	0.803
SEKUNDER	1:10	100	1000	0.2414	2.414

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _x ..? (Ω)
		100	1000	0.2405	2.405
		100	1000	0.2399	2.399
		100	1000	0.2407	2.407
		100	1000	0.2397	2.397
		100	1000	0.2408	2.408
		1000	10000	0.2311	2.311
		1000	10000	0.2305	2.305
		1000	10000	0.2297	2.297
		1000	10000	0.2301	2.301
		1000	10000	0.2308	2.308
		1000	10000	0.2289	2.289
		10000	100000	0.2501	2.501
		10000	100000	0.2495	2.495
		10000	100000	0.2505	2.505
		10000	100000	0.2509	2.509
		10000	100000	0.2511	2.511
		10000	100000	0.2515	2.515

Lanjutan Tabel 4. 29. Hasil Pengujian Nilai Frekuensi pada transformator

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.0017	55.26	0.705	0.7
0.022	0.0017	56.04		
0.022	0.0017	55.80		
0.022	0.0017	56.20		
0.022	0.0017	55.73		
0.022	0.0017	55.57		
0.022	0.0015	54.26	0.905	0.9
0.022	0.0015	53.91		
0.022	0.0015	54.14		
0.022	0.0015	54.69		
0.022	0.0015	54.02		
0.022	0.0015	54.50		
0.022	0.0015	60.93	0.803	0.8
0.022	0.0015	60.55		
0.022	0.0015	61.62		
0.022	0.0015	61.08		
0.022	0.0015	61.46		
0.022	0.0015	61.16		
0.022	0.0005	54.25	2.405	2.4

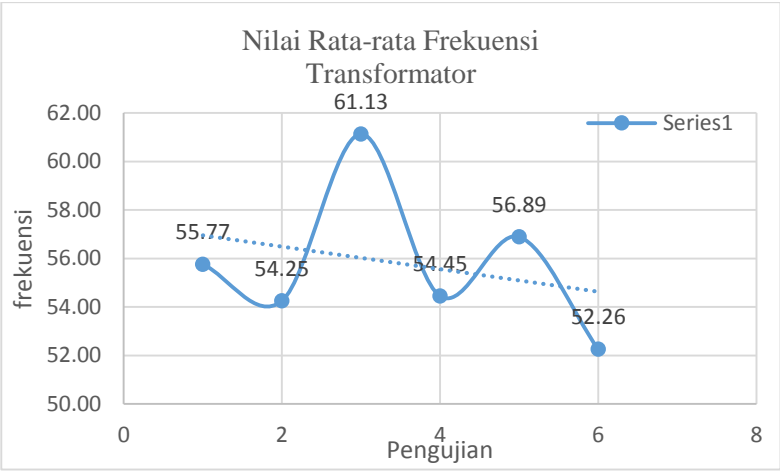
Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.0005	54.45		
0.022	0.0005	54.59		
0.022	0.0005	54.41		
0.022	0.0005	54.63		
0.022	0.0005	54.38		
0.022	0.0005	56.67	2.302	2.3
0.022	0.0005	56.81		
0.022	0.0005	57.01		
0.022	0.0005	56.91		
0.022	0.0005	56.74		
0.022	0.0005	57.21		
0.022	0.0005	52.36	2.506	2.5
0.022	0.0005	52.49		
0.022	0.0005	52.28		
0.022	0.0005	52.19		
0.022	0.0005	52.15		
0.022	0.0005	52.07		

Lanjutan Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Nilai Frekuensi pada transformator

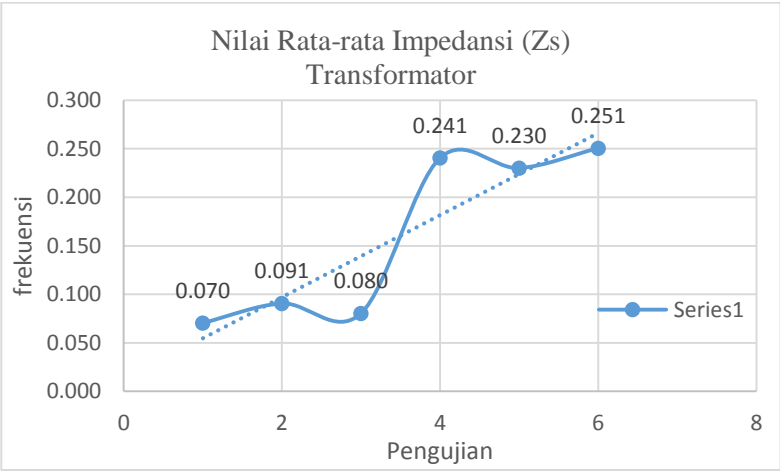
Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
0.8	0.92	14.29	0.071	0.711
0.5	0.50	28.57	0.070	0.701
0.6	0.07	14.29	0.070	0.704
0.8	0.78	14.29	0.070	0.699
0.9	0.07	28.57	0.071	0.705
0.6	0.35	14.29	0.071	0.707
0.7	0.02	22.22	0.091	0.905
1.1	0.64	22.22	0.091	0.911
0.8	0.20	11.11	0.091	0.907
0.7	0.79	22.22	0.090	0.898
1.1	0.42	22.22	0.091	0.909
1.0	0.46	11.11	0.090	0.901
0.7	0.33	12.50	0.081	0.806
0.6	0.95	25.00	0.081	0.811
0.9	0.79	12.50	0.080	0.797
0.7	0.08	12.50	0.080	0.804
1.0	0.54	25.00	0.080	0.799
0.9	0.04	12.50	0.080	0.803
2.2	0.37	8.33	0.241	2.414

Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
2.3	0.00	4.17	0.241	2.405
2.1	0.25	12.50	0.240	2.399
2.6	0.08	8.33	0.241	2.407
2.7	0.33	12.50	0.240	2.397
2.5	0.12	4.17	0.241	2.408
2.1	0.40	8.70	0.231	2.311
2.2	0.14	4.35	0.231	2.305
2.5	0.21	8.70	0.230	2.297
2.1	0.04	8.70	0.230	2.301
2.4	0.27	4.35	0.231	2.308
2.5	0.56	8.70	0.229	2.289
2.3	0.20	8.00	0.250	2.501
2.6	0.44	4.00	0.250	2.495
2.7	0.04	8.00	0.251	2.505
2.4	0.12	4.00	0.251	2.509
2.4	0.20	4.00	0.251	2.511
2.6	0.36	4.00	0.252	2.515

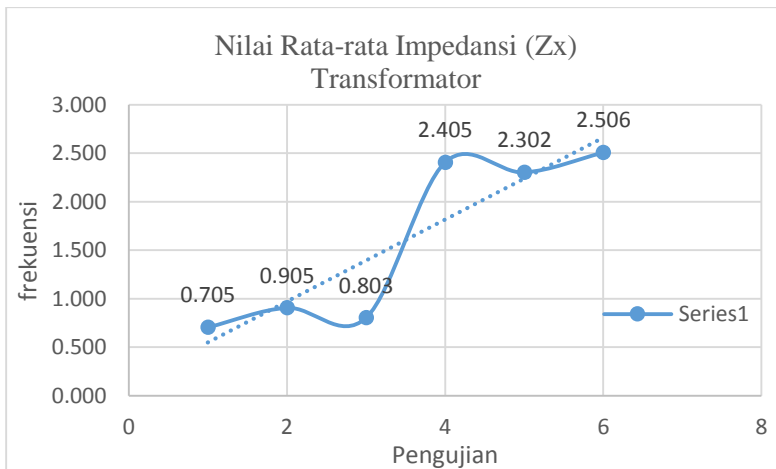
Dari tabel diatas dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 39. Grafik nilai frekuensi tansformator



Gambar 4. 40. Grafik impedansi lengan Z_s pada transformator.



Gambar 4. 41. Grafik impedansi lengan Z_x pada trnasformator.

Dari grafik diatas dapat diperhatikan nilai frekuensi yang cenderung fluktuatif. Dengan nilai lengan impedansi yang cenderung mirip dari gambaran grafik diatas, tetapi dengan nilai yang berbeda.

4.4.3. Pengujian frekuensi motor asinkron phase menggunakan rangkaian wien bridge.

Pada pengujian berikutnya adalah pada motor asinkron 3 phase, dimana pengujian kali ini akan dilakukan pengujian frekuensi berikutnya. Dengan hasil pengujian seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 31. Hasil Pengujian Frekuensi pada motor asinkron 3 phase.

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _{x..?} (Ω)
R (U1-U2)	1:10	100	1000	0.2098	2.098
		100	1000	0.2101	2.101
		100	1000	0.2103	2.103
		100	1000	0.2095	2.095
		100	1000	0.2107	2.107
		100	1000	0.2110	2.110
		1000	10000	0.1904	1.904
		1000	10000	0.1896	1.896
		1000	10000	0.1911	1.911
		1000	10000	0.1907	1.907
		1000	10000	0.1912	1.912
		1000	10000	0.1902	1.902
		10000	100000	0.2001	2.001
		10000	100000	0.2011	2.011
		10000	100000	0.2012	2.012
		10000	100000	0.1998	1.998
		10000	100000	0.2007	2.007
		10000	100000	0.2003	2.003
S (V1-V2)	1:10	100	1000	0.1902	1.902

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	0.1895	1.895
		100	1000	0.1908	1.908
		100	1000	0.1904	1.904
		100	1000	0.1914	1.914
		100	1000	0.1905	1.905
		1000	10000	0.2107	2.107
		1000	10000	0.2102	2.102
		1000	10000	0.2105	2.105
		1000	10000	0.2097	2.097
		1000	10000	0.2093	2.093
		1000	10000	0.2101	2.101
		10000	100000	0.2003	2.003
		10000	100000	0.2014	2.014
		10000	100000	0.2011	2.011
		10000	100000	0.1999	1.999
		10000	100000	0.2004	2.004
		10000	100000	0.2001	2.001
T (W1-W2)	1:10	100	1000	0.2104	2.104
		100	1000	0.2106	2.106
		100	1000	0.2101	2.101
		100	1000	0.2099	2.099
		100	1000	0.2097	2.097

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _x ..? (Ω)
		100	1000	0.2105	2.105
		1000	10000	0.1904	1.904
		1000	10000	0.1897	1.897
		1000	10000	0.1903	1.903
		1000	10000	0.1908	1.908
		1000	10000	0.1916	1.916
		1000	10000	0.1909	1.909
		10000	100000	0.2007	2.007
		10000	100000	0.2012	2.012
		10000	100000	0.2015	2.015
		10000	100000	0.1998	1.998
		10000	100000	0.2002	2.002
		10000	100000	0.2003	2.003

Lanjutan Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Frekuensi pada motor asinkron 3 phase.

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00068	51.75	2.102	2.1
0.022	0.00068	51.68		
0.022	0.00068	51.63		
0.022	0.00068	51.82		
0.022	0.00068	51.53		
0.022	0.00068	51.45		
0.022	0.00068	57.02	1.905	1.9
0.022	0.00068	57.26		
0.022	0.00068	56.81		
0.022	0.00068	56.93		
0.022	0.00068	56.78		
0.022	0.00068	57.08		
0.022	0.00068	54.26	2.005	2.0
0.022	0.00068	53.99		
0.022	0.00068	53.96		
0.022	0.00068	54.34		
0.022	0.00068	54.10		
0.022	0.00068	54.20		
0.022	0.00068	57.08	1.905	1.9

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00068	57.29		
0.022	0.00068	56.90		
0.022	0.00068	57.02		
0.022	0.00068	56.72		
0.022	0.00068	56.99		
0.022	0.00068	51.53	2.101	2.1
0.022	0.00068	51.65		
0.022	0.00068	51.58		
0.022	0.00068	51.77		
0.022	0.00068	51.87		
0.022	0.00068	51.68		
0.022	0.00068	54.20	2.005	2.0
0.022	0.00068	53.91		
0.022	0.00068	53.99		
0.022	0.00068	54.31		
0.022	0.00068	54.18		
0.022	0.00068	54.26		
0.022	0.00068	51.60	2.102	2.1
0.022	0.00068	51.55		
0.022	0.00068	51.68		
0.022	0.00068	51.72		
0.022	0.00068	51.77		

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	0.00068	51.58		
0.022	0.00068	57.02	1.906	1.9
0.022	0.00068	57.23		
0.022	0.00068	57.05		
0.022	0.00068	56.90		
0.022	0.00068	56.66		
0.022	0.00068	56.87		
0.022	0.00068	54.10	2.006	2.0
0.022	0.00068	53.96		
0.022	0.00068	53.88		
0.022	0.00068	54.34		
0.022	0.00068	54.23		
0.022	0.00068	54.20		

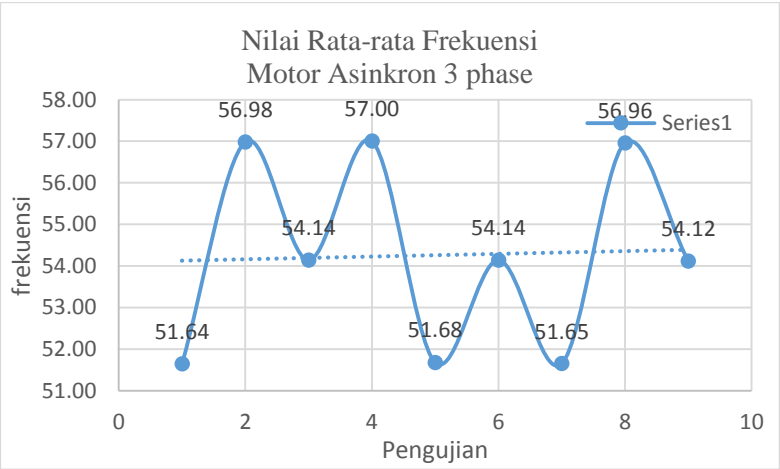
Lanjutan Tabel 4. 33. Hasil Pengujian Frekuensi pada motor asinkron 3 phase.

Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
2.2	0.21	3.13	0.210	2.098
1.9	0.06	10.94	0.210	2.101
1.8	0.03	15.63	0.210	2.103
2.3	0.35	7.81	0.210	2.095
2.4	0.22	12.50	0.211	2.107
2.2	0.36	3.13	0.211	2.11
1.8	0.07	4.42	0.190	1.904
2.2	0.49	16.81	0.190	1.896
2.1	0.30	11.50	0.191	1.911
1.8	0.09	4.42	0.191	1.907
1.7	0.35	9.73	0.191	1.912
1.7	0.17	9.73	0.190	1.902
2.2	0.22	10.00	0.200	2.001
2.1	0.28	5.00	0.201	2.011
1.8	0.33	10.00	0.201	2.012
2.1	0.37	5.00	0.200	1.998
1.9	0.08	5.00	0.201	2.007
1.9	0.12	5.00	0.200	2.003
2.2	0.14	15.79	0.190	1.902

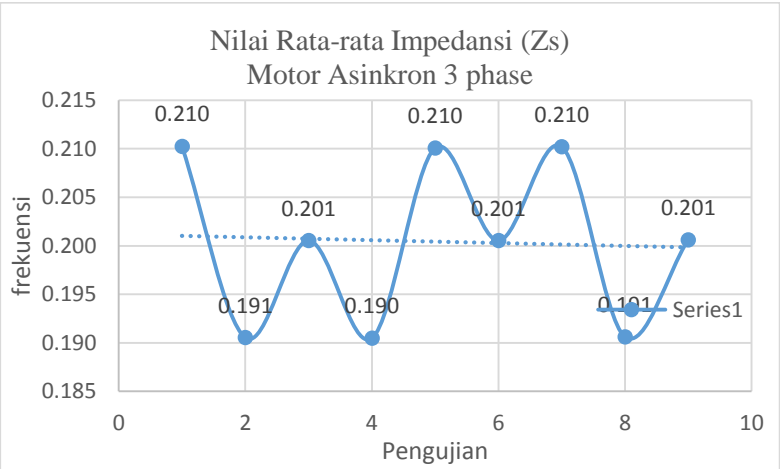
Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
1.8	0.51	5.26	0.190	1.895
2.0	0.18	5.26	0.191	1.908
2.1	0.04	10.53	0.190	1.904
1.6	0.49	15.79	0.191	1.914
1.7	0.02	10.53	0.191	1.905
2.2	0.29	4.76	0.211	2.107
1.9	0.06	9.52	0.210	2.102
2.0	0.20	4.76	0.211	2.105
1.8	0.18	14.29	0.210	2.097
2.3	0.37	9.52	0.209	2.093
2.4	0.01	14.29	0.210	2.101
1.8	0.12	10.74	0.200	2.003
2.3	0.43	14.05	0.201	2.014
2.2	0.28	9.09	0.201	2.011
2.1	0.32	4.13	0.200	1.999
1.8	0.07	10.74	0.200	2.004
1.9	0.22	5.79	0.200	2.001
1.9	0.10	9.52	0.210	2.104
2.0	0.19	4.76	0.211	2.106
2.3	0.05	9.52	0.210	2.101
1.8	0.14	14.29	0.210	2.099
2.2	0.24	4.76	0.210	2.097

Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
2.4	0.14	14.29	0.211	2.105
2.0	0.11	5.26	0.190	1.904
2.2	0.48	15.79	0.190	1.897
1.8	0.17	5.26	0.190	1.903
2.1	0.10	10.53	0.191	1.908
1.6	0.52	15.79	0.192	1.916
1.7	0.15	10.53	0.191	1.909
1.9	0.04	5.00	0.201	2.007
2.3	0.29	15.00	0.201	2.012
2.1	0.44	5.00	0.202	2.015
1.8	0.41	10.00	0.200	1.998
1.7	0.21	15.00	0.200	2.002
2.2	0.16	10.00	0.200	2.003

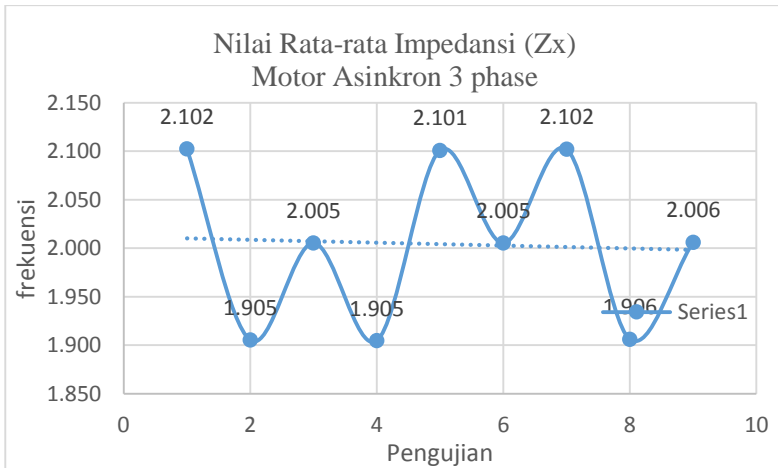
Dari hasil pengujian diatas dapat diijelaskan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 42. Grafik nilai frekuensi pada motor asinkron 3 phase



Gambar 4. 43. Grafik nilai impedansi pada lengan Z_s



Gambar 4. 44. Grafik nilai impedansi pada lengan Z_x

Dari grafik diatas dapat diamati bahwa motor asinkron memiliki karakteristik lebih fluktuatif untuk nilai frekuensi serta impedansi.

4.4.4. Pengujian frekuensi generator 600 VA menggunakan rangkaian wien bridge.

Pada pengujian terakhir ini nilai frekuensi dari sebuah generator dengan daya output sebesar 600 VA akan digunakan sebagai objek pengujian dengan metode bridge. Hasil pengujian dapat di lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Frekuensi pada Generator 600 VA

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
P-N	1:10	100	1000	10.35	103.500
		100	1000	10.29	102.900
		100	1000	10.25	102.500
		100	1000	10.39	103.900
		100	1000	10.44	104.400
		100	1000	10.37	103.700
		1000	10000	10.45	104.500
		1000	10000	10.42	104.200
		1000	10000	10.54	105.400
		1000	10000	10.57	105.700
		1000	10000	10.45	104.500
		1000	10000	10.48	104.800
		10000	100000	10.24	102.400
		10000	100000	10.18	101.800
		10000	100000	10.22	102.200
		10000	100000	10.16	101.600
		10000	100000	10.32	103.200
		10000	100000	10.28	102.800
U-X	1:10	100	1000	1.462	14.620
		100	1000	1.469	14.690
		100	1000	1.459	14.590

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		100	1000	1.461	14.610
		100	1000	1.467	14.670
		100	1000	1.469	14.690
		1000	10000	1.435	14.350
		1000	10000	1.438	14.380
		1000	10000	1.428	14.280
		1000	10000	1.425	14.250
		1000	10000	1.436	14.360
		1000	10000	1.432	14.320
		10000	100000	1.447	14.470
		10000	100000	1.442	14.420
		10000	100000	1.437	14.370
		10000	100000	1.445	14.450
		10000	100000	1.441	14.410
		10000	100000	1.439	14.390
V-Y	1:10	100	1000	1.434	14.340
		100	1000	1.433	14.330
		100	1000	1.422	14.220
		100	1000	1.427	14.270
		100	1000	1.439	14.390
		100	1000	1.435	14.350
		1000	10000	1.445	14.450
		1000	10000	1.444	14.440

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Rs (Ω)	Rx..? (Ω)
		1000	10000	1.433	14.330
		1000	10000	1.448	14.480
		1000	10000	1.447	14.470
		1000	10000	1.436	14.360
		10000	100000	1.462	14.620
		10000	100000	1.469	14.690
		10000	100000	1.459	14.590
		10000	100000	1.461	14.610
		10000	100000	1.467	14.670
		10000	100000	1.469	14.690
		100	1000	1.443	14.430
		100	1000	1.447	14.470
		100	1000	1.436	14.360
		100	1000	1.444	14.440
W-Z	1:10	100	1000	1.442	14.420
		100	1000	1.433	14.330
		1000	10000	1.437	14.370
		1000	10000	1.435	14.350
		1000	10000	1.424	14.240
		1000	10000	1.428	14.280
		1000	10000	1.439	14.390
		1000	10000	1.435	14.350
		10000	100000	1.464	14.640
		100	1000	1.443	14.430
		100	1000	1.447	14.470
		100	1000	1.436	14.360
		100	1000	1.444	14.440
		100	1000	1.442	14.420
		100	1000	1.433	14.330

Tahanan Kumparan	Rasio R1/R2	R1 (Ω)	R2 (Ω)	R _s (Ω)	R _{x..?} (Ω)
		10000	100000	1.467	14.670
		10000	100000	1.456	14.560
		10000	100000	1.463	14.630
		10000	100000	1.469	14.690
		10000	100000	1.465	14.650

Lanjutan Tabel 4. 35. Hasil Pengujian Frekuensi pada Generator 600 VA

C _s (μ F)	C _x (μ F)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	2.20E-07	69.93	103.5	103.2
0.022	2.20E-07	70.34		
0.022	2.20E-07	70.61		
0.022	2.20E-07	69.66		
0.022	2.20E-07	69.33		
0.022	2.20E-07	69.80		
0.022	2.20E-07	69.26	104.9	104.5

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	2.20E-07	69.46		
0.022	2.20E-07	68.67		
0.022	2.20E-07	68.48		
0.022	2.20E-07	69.26		
0.022	2.20E-07	69.06		
0.022	2.20E-07	70.68	102.3	102.7
0.022	2.20E-07	71.10		
0.022	2.20E-07	70.82		
0.022	2.20E-07	71.24		
0.022	2.20E-07	70.14		
0.022	2.20E-07	70.41		
0.022	2.18E-05	49.51	14.65	14.6
0.022	2.18E-05	49.27		
0.022	2.18E-05	49.61		
0.022	2.18E-05	49.54		
0.022	2.18E-05	49.34		
0.022	2.18E-05	49.27		
0.022	2.18E-05	50.44	14.32	14.3
0.022	2.18E-05	50.33		
0.022	2.18E-05	50.69		
0.022	2.18E-05	50.79		
0.022	2.18E-05	50.40		
0.022	2.18E-05	50.54		

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	2.18E-05	50.02	14.42	14.4
0.022	2.18E-05	50.19		
0.022	2.18E-05	50.37		
0.022	2.18E-05	50.09		
0.022	2.18E-05	50.23		
0.022	2.18E-05	50.30		
0.022	2.18E-05	50.47	14.32	14.3
0.022	2.18E-05	50.51		
0.022	2.18E-05	50.90		
0.022	2.18E-05	50.72		
0.022	2.18E-05	50.30		
0.022	2.18E-05	50.44		
0.022	2.18E-05	50.09	14.42	14.4
0.022	2.18E-05	50.12		
0.022	2.18E-05	50.51		
0.022	2.18E-05	49.99		
0.022	2.18E-05	50.02		
0.022	2.18E-05	50.40		
0.022	2.18E-05	49.51	14.645	14.6
0.022	2.18E-05	49.27		
0.022	2.18E-05	49.61		
0.022	2.18E-05	49.54		
0.022	2.18E-05	49.34		

Cs (μF)	Cx (μF)	Frekuensi (Hz)	Rata-rata Pengukuran (bridge)	Rata-rata Pengukuran (ohm meter)
0.022	2.18E-05	49.27		
0.022	2.18E-05	50.16	14.41	14.4
0.022	2.18E-05	50.02		
0.022	2.18E-05	50.40		
0.022	2.18E-05	50.12		
0.022	2.18E-05	50.19		
0.022	2.18E-05	50.51		
0.022	2.18E-05	50.37	14.33	14.3
0.022	2.18E-05	50.44		
0.022	2.18E-05	50.83		
0.022	2.18E-05	50.69		
0.022	2.18E-05	50.30		
0.022	2.18E-05	50.44		
0.022	2.18E-05	49.44	14.64	14.6
0.022	2.18E-05	49.34		
0.022	2.18E-05	49.71		
0.022	2.18E-05	49.47		
0.022	2.18E-05	49.27		
0.022	2.18E-05	49.41		

Lanjutan Tabel 4. 36. Hasil Pengujian Frekuensi pada Generator 600 VA

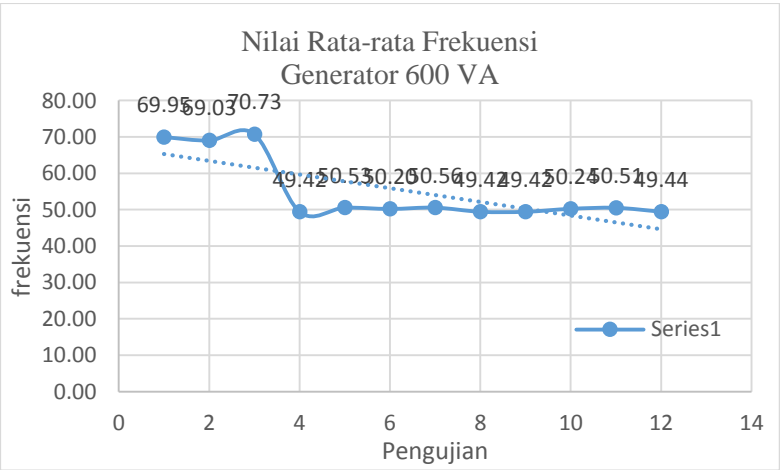
Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
105.5	0.02	2.21	10.350	103.5
104.4	0.56	1.15	10.290	102.9
100.9	0.95	2.24	10.250	102.5
106.4	0.40	3.08	10.390	103.9
102.0	0.89	1.18	10.440	104.4
100.1	0.21	3.02	10.370	103.7
106.7	0.33	2.06	10.450	104.5
103.3	0.62	1.19	10.420	104.2
102.5	0.52	1.96	10.540	105.4
107.6	0.81	2.90	10.570	105.7
105.8	0.33	1.20	10.450	104.5
101.4	0.05	3.01	10.480	104.8
104.8	0.07	2.08	10.240	102.4
103.8	0.52	1.11	10.180	101.8
100.3	0.13	2.30	10.220	102.2
105.9	0.72	3.15	10.160	101.6
101.4	0.85	1.23	10.320	103.2
99.8	0.46	2.80	10.280	102.8
15.8	0.17	8.22	1.462	14.62
12.4	0.31	15.07	1.469	14.69
13.9	0.38	4.79	1.459	14.59
12.3	0.24	15.75	1.461	14.61
16.8	0.17	15.07	1.467	14.67

Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
16.4	0.31	12.33	1.469	14.69
13.5	0.19	5.59	1.435	14.35
11.1	0.40	22.38	1.438	14.38
15.6	0.30	9.09	1.428	14.28
16.0	0.51	11.89	1.425	14.25
17.5	0.26	22.38	1.436	14.36
12.1	0.02	476.19	1.432	14.32
16.2	0.36	12.50	1.447	14.47
11.6	0.01	19.44	1.442	14.42
12.5	0.34	13.19	1.437	14.37
13.3	0.22	7.64	1.445	14.45
17.7	0.06	22.92	1.441	14.41
15.1	0.20	4.86	1.439	14.39
16.2	0.16	13.29	1.434	14.34
11.4	0.09	20.28	1.433	14.33
12.5	0.68	12.59	1.422	14.22
15.1	0.33	5.59	1.427	14.27
17.6	0.51	23.08	1.439	14.39
13.00	0.23	9.09	1.435	14.35
15.2	0.20	5.56	1.445	14.45
12.6	0.13	12.50	1.444	14.44
16.5	0.64	14.58	1.433	14.33
12.3	0.40	14.58	1.448	14.48

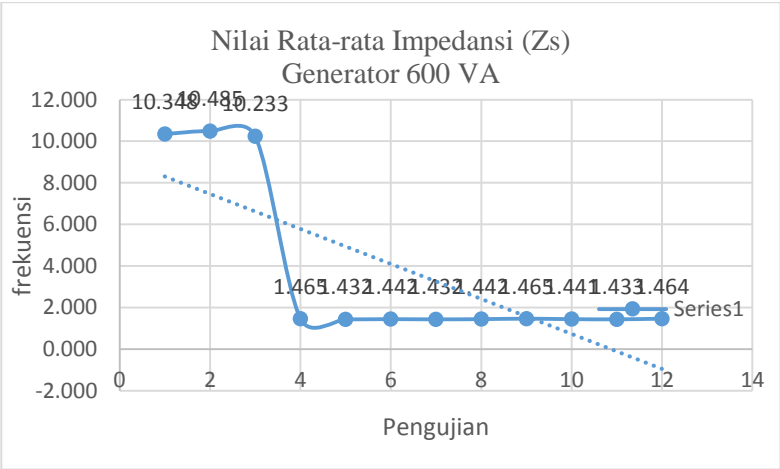
Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
15.7	0.34	9.03	1.447	14.47
14.1	0.43	2.08	1.436	14.36
15.6	0.17	6.85	1.462	14.62
12.6	0.31	13.70	1.469	14.69
13.5	0.38	7.53	1.459	14.59
12.7	0.24	13.01	1.461	14.61
16.4	0.17	12.33	1.467	14.67
16.8	0.31	15.07	1.469	14.69
16.2	0.15	12.50	1.443	14.43
12.6	0.43	12.50	1.447	14.47
15.5	0.34	7.64	1.436	14.36
13.3	0.22	7.64	1.444	14.44
15.7	0.08	9.03	1.442	14.42
13.1	0.54	9.03	1.433	14.33
15.2	0.28	6.29	1.437	14.37
13.4	0.14	6.29	1.435	14.35
13.5	0.63	5.59	1.424	14.24
15.1	0.35	5.59	1.428	14.28
15.6	0.42	9.09	1.439	14.39
13.00	0.14	9.09	1.435	14.35
15.6	0.00	6.85	1.464	14.64
13.6	0.20	6.85	1.467	14.67
13.5	0.55	7.53	1.456	14.56

Hasil Pengukuran (ohm meter)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (bridge)	Prosentase ketidak tepatan hasil pengamatan % (ohm meter)	Impedansi (Zs) (Ω)	Impedansi (Zx) (Ω)
13.7	0.07	6.16	1.463	14.63
15.4	0.34	5.48	1.469	14.69
15.8	0.07	8.22	1.465	14.65

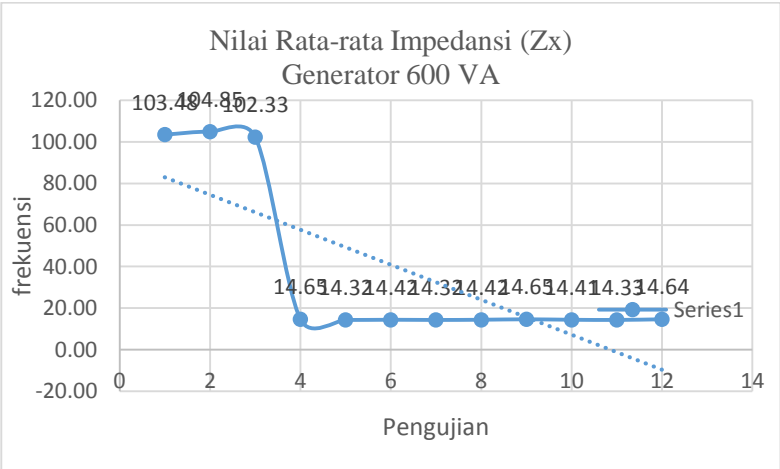
Dari tabel hasil pengujian dapat dijelaskan dengan grafik seperti berikut:



Gambar 4. 45. Grafik nilai frekuensi pada generator 600 VA.



Gambar 4. 46. Grafik Nilai impedansi pada lengan Z_s



Gambar 4. 47. Grafik nilai impedansi pada lengan Z_x .

Dari hasil pengujian dan penjelasan grafik diatas dapat diamati bahwa generator 600 VA memiliki nilai yang cenderung konstan.

Dari hasil perhitungan pengujian frekuensi berdasarkan rumus (6) Bab II tinjauan pustaka. Begitu pula dengan perhitungan impedansi pada lengan bridge dilakukan analisa perhitungan berdasarkan rumus (1) pada tinjauan pustaka.

4.5. Aplikasi penggunaan rangkaian bridge pada dunia perkapalan.

Dari pengujian yang telah dilakukan pada beberapa rangkaian bridge dapat dilakukan pengelompokan pengukuran yang dilakukan untuk peralatan yang digunakan di kapal (*marine use*). Dengan karakteristik rangkaian bridge yang memiliki akurasi pengukuran yang teliti serta berdasarkan hasil pengujian menunjukkna bahwa peralatan yang bisa di ukur oleh rangkaian ini memiliki dimensi yang terbatas pada peralatan 1 phase. Sedangkan batasan peralatan 1 phase maksimal pada daya kurang dari 2.2 kW atau kurang dari 3 HP. Peralatan di kapal yang memiliki daya di bawah 2.2 kW atau peralatan 1 phase diantara sebagai berikut :

Peralatan navigasi.

No	Item	Brand	Power (W)
1	Chart Radar	Sperry Marine	150
2	Arpa Radar	Sperry Marine	10000
3	ECDIS	Sperry Marine	125
4	BNWAS	JRC-JCX151	268
5	AIS receiver	Cobham	12
6	AIS control pannel	Cobham	18
7	Colour Plotter	JRC-JLZ700	40
8	Weather faximile	JRC-JAX91	104
9	Sonar Speed	JRC-JLN550	240

No	Item	Brand	Power (W)
10	Echo Sounding	ELAC Nautik	35
11	GPS	JRC-JLR4340	1.5
12	Magnetic Compass	Sperry Marine	7
13	Gyro Compass	Sperry Marine	45
14	Propulsion telegraph	PMC 8202-1000	9.12
15	Horn	KockumSonic-at150	51
16	VDR	Ami Marine 2272-B	28
17	Electromagnetic Speed	Skipper CD401MR-SB	30

Peralatan darurat pada kapal (*emergency equipment*).

No	Item	Brand	Power (W)
1	Fire control panel	LGM Syncroasm	72
3	Heat Detector	Minerva MD601Ex	1.15
4	Smoke Detector	Minerva MR601TE _x	1.15
5	Flame Detector	Minerva S231i/S23X	0.79
6	Alarm (motor Siren)	E2S-S100D	6
7	Loud hailer	Wallmount AD56	39.6

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan.

Setelah dilakukan analisa pengujian rangkaian wheatstone bridge feedback type TK2941A pada beberapa peralatan listrik yang ada di laboratorium listrik kapal, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a. Pada pengujian nilai resistansi pada rangkaian wheatstone bridge didapatkan nilai trendline pengujian 0.32Ω dengan metode bridge dan 5.47Ω pada pengujian ohm meter.
 - b. Pada pengujian nilai kapasitansi pada rangkaian schering bridge didapatkan nilai trendline pengujian $20.28 \mu\text{F}$.
 - c. Pada pengujian nilai frekuensi pada rangkaian wien bridge didapatkan nilai trendline pengujian 62.18 Hz .
 - d. Pada pengujian rangkaian schering bridge dan wien bridge didapatkan nilai impedansi dengan trendline sebesar 2.950Ω dan 2.956Ω .
2. Nilai akurasi yang didapatkan dalam pengujian ini $\pm 98\%$ didapatkan dari hasil error pada pengujian 0.5% - 1.71% pada peralatan listrik di laboratorium listrik dan otomasi sistem perkapalan. Dengan nilai hasil perhitungan dari pengujian kapasitansi, frekuensi serta impedansi seperti tersebut pada poin b, c dan d pada kesimpulan no.1 .

5.2. Saran.

1. Karena Keterbatasan metode bridge yang diuji pada proses pengujian ini diharapkan dapat dilanjutkan dengan metode bridge yang lain dengan aplikasi bermanfaat di dunia marine. e
2. Dengan objek uji yang terbatas pula, diharapkan metode bridge ini dapat digunakan untuk mengukr peralatan yang lain khususnya peralatan yang digunakan di dunia marine industri.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Bueche, Fredick J. dan Eugene Hecht. 2006. *Fisika Universitas*. Jakarta :Erlangga.
- Flink, R.J dan O.G Brink. 1984. *Dasar-dasar Ilmu Instrumen*. Jakarta : Binacipta.
- Holman, JP, 1984. *Metode Pengukuran Teknik*, Erlangga. Jakarta.
- Manual Book Feedback, “*Tansduser Kit TK2942 Part I Electro-Mechanical Transducer*”. FI Ltd, Crowborogh.
- Reza Zekavat SA., 2013: *Electrical Engineering: Concepts and Applications*. Technological University.
- Theraja BL., 1978: *A Text-book of Electrical Technology*, 17th Revised Edition, S. Chand & Company Ltd, Ram Nagar, New Delhi, 1978.
- Watson GO., 1990: *Marine Electrical Practice*. Butterworth-Heinemann Ltd.
- Van der wol, G. 1985. *Rangkaian Eletro Teknik*. Jakarta : Erlangga.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Banda Aceh, 26 Mei 1993. Seorang anak pertama dari 2 bersaudara. Riwayat pendidikan berawal dari SDN Wonokerto 4 di tahun 1999, lalu melanjutkan ke jenjang MTsN Kedunggalar pada tahun 2005 kemudian melanjutkan sekolah di MAN Ngawi pada tahun 2008 dengan jurusan yang ditempuh adalah Ilmu Pengetahuan Alam. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di PPNS-ITS jurusan D3 perancangan dan konstruksi kapal pada tahun 2011, setelah menyelesaikan studi D3 penulis melanjutkan pendidikan S1 di departemen system perkapalan ITS pada tahun 2014. Untuk menyelesaikan pendidikan S1 ini penulis mengambil skripsi di bidang *Marine Electrical and Automation System (MEAS)* . Dalam mengerjakan tugas akhir bidang tersebut merupakan minat penulis karena ingin mengembangkan studi tentang pengukuran peralatan listrik dengan alat yang baru yang dapat sebagai inovasi di dunia maritime. Semasa perkuliahan penulis aktif di jurusan himpunan teknik perancangan dan konstruksi kapal yang menjabat sebagai ketua Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM). Selain itu penulis juga dipercaya sebagai pemateri pada LKMM-Pra TD yang merupakan kegiatan wajib bagi mahasiswa baru yang merupakan pelatihan manajemen diri untuk mempersiapkan mental para mahasiswa baru untuk menghadapi perkuliahan.